

TECNOLOGÍA HORTÍCOLA MEDITERRÁNEA

Evolución y futuro Viveros, frutales, hortalizas y ornamentales

Eds. Alicia Namesny, Claudia Conesa, Leandro Martín Olmos y Pere Papasseit

Patrocinan



Tecnología hortícola mediterránea

Evolución y futuro: viveros, frutales, hortalizas y ornamentales

Eds. Alicia Namesny, Claudia Conesa, Leandro Martín Olmos y Pere Papasseit



www.bibliotecahorticultura.com

TECNOLOGÍA HORTÍCOLA MEDITERRÁNEA

Evolución y futuro Viveros, frutales, hortalizas y ornamentales

Eds. Alicia Namesny, Claudia Conesa, Leandro Martín Olmos y Pere Papasseit



© **Tecnología hortícola mediterránea: Evolución y futuro**

Octubre, 2022

© SPE3, s.l., Valencia, España

Editores:

© Alicia Namesny, Claudia Conesa, Leandro Martín Olmos y Pere Papasseit

Coordinación:

Antonio Delgado y Pau Papasseit

Realización y Diseño:

Rubén Planas

Producción, distribución y copyright:

SPE3 - Especialistes en Serveis per a la Producció Editorial, s.l.

ISBN: 978-84-16909-46-9



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



Doctor Manuel Candela 26, 11^a

46021 Valencia – España

Tel.: +34-649 48 56 77 / info@poscosecha.com

NIF: B-43458744

www.poscosecha.com

www.postharvest.biz

www.bibliotecahorticultura.com

www.tecnologiahorticola.com

www.actualfruveg.com

La realización de este libro ha sido posible gracias a la colaboración de los autores de cada uno de los capítulos y a las empresas patrocinadoras

PRÓLOGO

La tarea que me han encomendada los editores de la publicación, amigos desde hace muchos años (desde los tiempos de la fundación de la revista Horticultura), es de las más difíciles a que me haya enfrentado en mi larga vida profesional de cerca de 45 años, en el mundo Hortofrutícola.

Difícil en primer lugar por lo extenso del trabajo y la gran cantidad de temas tratados, que hace imposible resumirla, que suele ser lo que se espera, en parte, de un prólogo.

En segundo lugar, por la calidad de los autores, todos ellos prestigiosos especialistas en sus temas. ¿Qué puedo yo añadir a lo expuesto por cada uno de ellos? Aunque citar a personas, siempre es delicado, pues parece que se desmerece a los no citados, en este caso, seguro que se va a entender que es obligada la cita a personas que han marcado camino en el sector, la colaboración de profesores como D. Luis Rallo, investigadores como D. Eduardo Primo-Millo, técnicos en Agronomía, como D. José M^a Salleras o conocedores de los mercados como D. Joaquín Ros, sin olvidar a Pere Papasseit, hacen de esta publicación un hito, que será difícil superar.

Para el que esto escribe hay una tercera dificultad, relativo al tema “Hortícola”, que siempre con mis alumnos, durante los últimos 35 años he insistido que eran las plantas hortícolas que el Profesor Maroto recogía en su obra *“Horticultura Herbácea Especial”*, una tarea que, en su momento, fue algo espectacular, que no ha tenido parangón en la divulgación técnica de nuestra agricultura. Pero también he tenido claro que el término de que deriva la palabra horticultura: “Hortus” es global, se refiere a lo que existe en el Huerto: frutas, hortalizas, patatas.

Esto lo vi de forma natural desde niño: para mi abuelo materno, fabricante de harinas en Palencia, uno de sus tesoros más preciados era un huerto, primorosamente cuidado por un hortelano que trabajaba con él, en el que tenían tanta importancia las hortalizas como los frutales, incluso había alguna flor y hasta una colmena para la polinización y de la que también se obtenía miel, el “Hortus” soñado por cualquiera.

Resuelto el dilema semántico, para nuestro consumo interno, en español. Nos falta una última reflexión pues, por ejemplo, en Francia, cuando se refieren a Horticulture, están remitiéndose a plantas ornamentales sin embargo, la misma palabra Horticulture es general, cuando nos expresamos en inglés y estamos en países anglosajones o con cultura más ligada a ellos, como pueden ser los escandinavos.

Realmente frutas, hortalizas y flores van de la mano en muchos entornos, es habitual hablar del Sector Hortofrutícola cuando se refiere el MAPA a nuestras exportaciones de futas y hortalizas partida en que estamos habitualmente en los primeros lugares, si no el primero. Son unos de los máximos orgullos de nuestras exportaciones cuando hablan los economistas. FEPEX es la Asociación de productores y exportadores de frutas y hortalizas, también flores y plantas, en ella van de la mano, llegando a conseguir que la feria que ellos han promovido: Fruit Attracción sea una de las de referencia a nivel mundial tras la de Berlín, de la que parece, que cada vez está

más cerca. En esa feria conviven las futas y hortalizas pues una parte importante de ella, el sector comercializador puede, en muchos casos integrar ambos tipos de productos. También muchas cooperativas deben atender a producciones de sus socios que pueden producir en sus explotaciones frutas y hortalizas complementariamente.

Hechas estas aclaraciones podemos seguir adelante, la obra a que nos referimos puede tener su razón de ser al comprender todos los campos del conocimiento que aborda. Su enfoque intenta ser mediterráneo, pero consideramos que puede ser extrapolable a otros entornos, siempre que la transposición se haga con conocimiento.

Se ha pretendido y creo que, conseguido, dar idea de cómo ha evolucionado la tecnología hortícola en los últimos años, pero también encontramos referencias al momento presente, incluyéndose como colofón, las perspectivas que cabe aventurar para los distintos sectores analizados.

El libro está estructurado en tres partes: una primera que recoge una **Panorámica General**, que comprende 18 temas, una segunda que recoge 19 temas dedicados a la **Tecnología de Producción** y una tercera dedicada a **Cultivos**, que comprende 10 temas.

La primera parte, que nos da un **Panorama General** de la situación del sector, arranca con el **“Estudio de la producción y destino del producto hortícola español”**, el título informa bien del contenido, tratándose de frutas y hortalizas, tengan el destino que tengan. Se continúa con un análisis del **Mercado interior** que hace hincapié en la labor realizada por los Mercados Centrales, seña de identidad de nuestro país. El autor señala que: seguramente el punto más atractivo visto en estos 50 años de evolución sea la tipología de compradores: cómo han nacido y crecido algunos segmentos y cómo han bajado su protagonismo, otros. Señala a la incorporación de España a la CEE, como un evento trascendental en toda esta historia de 50 años.

Se continúa, lógicamente, en el apartado tercero con el análisis del **“Mercado exterior”** abarcando el periodo 1975-2019, que el autor califica como el **milagro hortofrutícola español**, expresión con la que no podemos estar más de acuerdo.

Siguiendo en la primera parte, en el apartado cuarto aparece un tema que puede sorprender pero que es de mucho interés y se refiere al **“Mercado exterior de la tecnología española”**, señalándose el reconocimiento, en el exterior, a la tecnología española, relacionada, en este caso, con la Agricultura en general. Se continúa con una interesante disertación sobre **“Las Herramientas de Europa”**, que tiene un devenir muy diferente al resto del mundo, pues cuenta con restricciones que no se dan fuera de ella, podría valer como ejemplo la PAC.

Pasamos a epígrafes, por decirlo de una manera, más técnicos, como: **“La mejora genética, la obtención de alimentos y el Pacto Verde de la Unión Europea”**, el título ya nos informa suficientemente de lo que pretende el autor, que además hace un breve pero interesante repaso por las herramientas de que dispone la mejora genética. La **“Innovación tecnológica en fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad”**, es el siguiente capítulo que expone la situación actual y la evolución de la producción de fruta dulce en España, así como los aspectos más destacables en el ámbito de la innovación tecnológica que marcarán su evolución en los próximos años, un trabajo muy completo, con mucha documentación y muy didáctico. Se continúa con **“La incorporación de tecnología en la horticultura de Almería como base para**

mantener la rentabilidad de los cultivos”, capítulo que repasa como se ha ido incorporando la tecnología al campo de Almería y los retos actuales, cómo pueden ser la gestión de residuos, el aumento de la gama de productos, etc. El siguiente capítulo trata de un aspecto fundamental en agronomía, el análisis de suelos y plantas para decidir la fertilización, que es lo que se desarrolla en **“Análisis y Tecnología en Horticultura Mediterránea”**, haciendo hincapié en herramientas como el análisis foliar o el análisis de savia, entre otras.

Más adelante encontramos dos temas sobre ornamentales, el primero: **“La Industria ornamental-Árboles, arbustos y flor de corte”**, se centra, sobre todo, en el mercado exterior de estos productos. La segunda parte, dedicada a ornamentales, tiene por título: **“Variedades ornamentales”**, y además de repasar lo que nos anuncia, es un manual de producción de este tipo de plantas. Un sector en el hoy en día está generalizado el empleo de variedades híbridas F1.

Hoy, en cualquier publicación del tipo de la que estamos prologando, es obligado incluir un tema sobre producción ecológica y el título que propone el autor es: **“Alimentos ecológicos: biodiversidad sostenibilidad y salud”**. Se trata de un capítulo amplio, generalista, que recoge todo lo que se espera saber sobre este tema, la producción ecológica, que en muchos lugares se denomina como “orgánica”.

El apartado 13 de la primera parte, se dedica a una herramienta hoy también fundamental en este sector: los seguros agrarios. El autor lo ha titulado: **“Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?”** Es un trabajo muy documentado, que se inicia con una breve exposición sobre el Sistema Español de Seguros Agrarios. El resto de la exposición es un catálogo de casos reales acaecidos en el sector, que puede servir de guía a otros profesionales por lo bien documentados que están. Remata su exposición con los futuros riesgos imprevisibles ligados al Cambio Climático-Calentamiento Global, muy interesante.

Se continua con una presentación ligada a los negocios hortofrutícolas y a la promoción del consumo: **“Oportunidades de negocio, valor agregado y promoción del consumo hortofrutícola”**. Se tratan muchos temas en este trabajo además de definirse “La Industria Hortícola”, Pero el eje central es el consumo de productos hortofrutícolas y como conseguir su incremento, analizando las herramientas para conseguirlo.

Un tema que tiene cada vez más presencia en el sector es el que se trata a continuación: **“El desarrollo de la poscosecha en fresco y mínimamente procesada. Una panorámica”**. Es una presentación muy documentada sobre este tema, sin olvidarse aspectos tan relevantes como la “Cuarta Gama”.

“El papel de los profesionales en la horticultura” tras una introducción histórica de la agricultura y en su caso de la horticultura (el autor toma el término de forma genérica comprendiendo todo lo que se produce en el huerto). La segunda parte de su presentación además de hacer una breve historia de las carreras ligadas a la horticultura repasa de una manera acertada cuales deben ser las habilidades de un profesional dedicado a este campo.

Se remata la primera parte con un trabajo sobre **“La comunicación en Horticultura”**, analizándose el papel de ferias, revistas e Internet en la difusión del conocimiento sobre

tecnologías de producción y sobre los negocios que alrededor de esas producciones: frutas, hortalizas, flores, realizan productores y distribuidores.

Algunos de los temas de la segunda parte: **Tecnología de Producción** son, por lo general, más concretos, permitiendo, por tanto, aligerar este prólogo, pues si un capítulo se refiere, por ejemplo, a riego, poco más hay que decir. Solamente comentaremos los que necesiten aclaración, para que el lector pueda tener algo más de información antes de acometer su lectura.

El primer tema de esta segunda parte es de los que necesita algún apunte para saber a qué camino nos quiere llevar el autor. El título es sugerente: **“Planta a la carta”**, llevándonos el autor a una clara explicación del proceso de producción de plantas hortícolas en un semillero. Se explican todos los procesos necesarios que se deben llevar a cabo en sus instalaciones, complementando con temas de actualidad en ellos, p.e., el injerto.

“Viveros frutales” es capítulo siguiente. En él se hace una rápida descripción del proceso evolutivo que ha habido en los viveros. Se señala su importante papel dentro del control fitosanitario y se describe su adaptación a las nuevas tecnologías.

“Invernaderos” es el tercer tema de esta segunda parte y constituye una revisión muy completa del ambiente en un invernadero, también se realiza una tipificación de los invernaderos. La importancia de los invernaderos en España y su historia también forman parte de este capítulo.

La **“Gestión de residuos agrarios en invernaderos”**, se relaciona en parte con el anterior pues es resultado del trabajo en los invernaderos. Además de estudiar este tema hoy tan complejo, presentan las actividades que el IFAPA realiza en este campo a través de jornadas, talleres etc. Desarrollando el programa RECICLAND.

El quinto capítulo de la 2ª parte se centra en el **“Control Climático”**, señalándose que la modernización de los invernaderos actuales, dotándoles de los elementos necesarios para llevar a cabo un control climático adecuado y eficiente, que proporcione las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los cultivos es un objetivo obligado a corto y medio plazo, si queremos mantener nuestra competitividad y, en consecuencia, nuestra participación en el mercado europeo.

En **“El Riego”** se desarrolla un manual resumido de esta técnica de cultivo fundamental para la producción hortofrutícola. Incluye un apartado sobre sensores.

Los **“Fertilizantes convencionales”** es el siguiente capítulo. Se trata de una guía de fertilización muy resumida, recogiendo: dosis, momentos de aplicación, etc.

También hay un capítulo sobre: **“Biofertilizantes, una alternativa eficiente y ecológica”**. Los autores relatan cómo han seleccionado los PGPR (del inglés, Plant Growth Promoting Rhizobacteria), que constituyen sus productos comerciales, con los que creen que pueden ser una alternativa real frente a los productos tradicionales.

En una línea similar al anterior estaría el capítulo dedicado a **“Bioestimulantes”**. Se describen sus mecanismos de acción y los distintos tipos que se encuentran en los mercados. Para la autora, se trata de una alternativa real para la agricultura.

Siguen tres capítulos relacionados con la sanidad vegetal uno sobre **“Pasado, presente y futuro de la sanidad vegetal”**, que es el noveno tema de esta segunda parte, y presenta un documentado informe de los que representa el sector de los fitosanitarios en nuestro país y su importante contribución al desarrollo del sector. El segundo se centra en la **“Evolución de la bioprotección en la tecnología hortícola mediterránea”** y se desarrolla en dos secciones una desde el punto de vista de los macroorganismos y otro desde el de todos aquellos bioprotectores que están regulados como productos fitosanitarios (microorganismos, semioquímicos y sustancias naturales). En definitiva, se está refiriendo al “control biológico”. La tercera de este grupo trata sobre **“Control de plagas en cultivos hortícolas: en camino hacia la sostenibilidad”** y el autor repasa los casos de éxito de la horticultura del sudeste en el control biológico de plagas, pone varios ejemplos en pimiento, la *Tuta absoluta* en tomate, etc. El reto está ahora en las enfermedades. La solución parece estar en la Agroecología.

El capítulo sobre **“Maquinaria agrícola en la hortofruticultura”** es un manual sobre el tema, cubre todos los campos que pudiésemos esperar. También incluye referencias al “cultivo vertical”, siendo clave, en este caso, el coste de la energía.

“Plásticos para la agricultura” es el capítulo que continua. Además de una exposición bien documentada sobre la importancia de los plásticos, sus características su empleo etc., los autores dedican también un amplio espacio a los residuos que se generan y como atajar este importante problema, tecnologías disponibles y evolución.

“Mallas agrícolas” es el siguiente tema tratado. Se centra en los tejidos relacionados con la protección de cultivos frente a plagas de insectos. Se repasa la evolución de estas mallas y las acciones para aminorar los inconvenientes de contar cada vez con mallas más tupidas, sobre todo la disminución de la ventilación.

Los temas que siguen son novedosos y van en la línea de las nuevas tecnologías aplicadas a la agricultura, por lo que nos extenderemos un poquito más en su referencia.

“La transformación digital del medio agrícola”, aporta la visión de las nuevas tecnologías aplicadas al medio agrícola. Un tema clave que hizo precisa la aplicación de estos sistemas fue la puesta en marcha de la **“trazabilidad”**. Hoy, el Smartphone abre una gran franja de posibilidades, como puede ser el aforo de cosechas, etc. *El Big Data y el Internet de las cosas*, ya están dando mucho juego en el sector y tienen gran futuro.

En cierta línea con la anterior, se cuenta con un capítulo dedicado a: **“Redes de sensores inalámbricos de clima, suelo y planta”**. Repasan las diferentes soluciones que hay en el mercado, de una manera concisa y sencilla. Importante la formación de los técnicos de campo que trabajen con ellos, con el apoyo técnico por parte de proveedores. Hay que pensar bien cualquier decisión, la tecnología cambia rápidamente.

Otra nueva tecnología se presenta en el capítulo 17 de esta 2ª parte: **“Uso de la teledetección para el manejo del cultivo y conexión con la maquinaria agrícola”**. Esta técnica ha avanzado mucho en los últimos años y hoy es una herramienta eficiente para la monitorización del cultivo. Los **“índices de vegetación”**, cada vez tienen más empleo sobre todo el NDVI. La ayuda en la toma de decisiones en gestión del riego, la detección temprana de plagas y enfermedades, son otras aplicaciones.

“La Robótica móvil para la producción agraria” es otro trabajo en la línea de los tres anteriores, muy bien documentado y presentado. Repasa las técnicas en que ya están presentes los *“robots”*: labores del suelo, siembra y plantación automatizada, eliminación de malas hierbas, poda y recolección, pulverización hidroneumática, etc.

La última presentación de esta segunda parte: **“Sensores de conductividad eléctrica aparente para el análisis de la variabilidad del suelo en Agricultura de Precisión”**. Los autores explican qué es y qué mide *la conductividad eléctrica aparente del suelo* y con qué propiedades del suelo se puede correlacionar. Tras repasar los sensores que se utilizan, pasan a enumerar las aplicaciones: pronóstico del rendimiento de cultivos, manejo diferenciado de parcelas, sectorización óptima del riego, etc.

La tercera parte está dedicada a **Cultivos**, es más concreta por lo que no haremos más referencias que las que consideramos totalmente indispensables.

Arranca con: **“Los cítricos: evolución varietal y técnicas relevantes”** que se ajusta bastante a su enunciado. Es una guía completa y prolija sobre el material vegetal en citricultura. Se señala el decisivo papel jugado por el microinjerto.

“El desarrollo del cultivo de la fresa en Huelva” es un relato de cómo se introdujo este cultivo en Huelva de la mano del pionero D. Antonio Medina Lama.

“Los frutales (sub)tropicales en la Península Ibérica” nos presenta una introducción completa del sector y luego trata, uno a uno, los cultivos importantes: Aguacate, Mango, Chirimoya, Papaya, Pitahaya, dedicando más espacio a los primeros.

“Bouquet, la sandía que revolucionó la categoría” y **“Bouquet Persimon. Un paradigma en innovación”** son dos trabajos que nos muestran como la *“innovación”* no está reñida con el sector hortofrutícola. Los autores del primer trabajo ponen en valor la iniciativa de Anecoop, que, según su opinión, ha alterado totalmente el comercio mundial de sandías y melones. En 1991-92 se decidió el inicio de un proyecto serio basado en la *Sandía Sin Pepitas* y en particular en la variedad: *Reina de Corazones*, eligiéndose una marca específica: *Bouquet*, para el desarrollo de este nuevo proyecto. Del **Kaki** se ocupa el segundo trabajo, recogiendo la historia y la clave de la iniciativa *“Persimon Bouquet”* de Anecoop, que permitió aprovechar la marca Bouquet, diferencial de especialidad de producto y calidad para el Kaki.

El sexto capítulo de esta tercera parte lleva por título: **“El olivar en un tiempo de cambio”** y es un manual, puesto al día, de este tema tan importante en la cuenca mediterránea. Recoge los cambios del olivar en los últimos cincuenta años en España y contrasta las prácticas empíricas tradicionales con las nuevas técnicas emergentes. La Red de Bancos de Germoplasma ocupa una parte de la presentación, entre los temas técnicos destacaríamos el riego deficitario o el cambio al olivar en seto.

Dos temas muy diferentes se dedican a la producción de uva, el primero a uva de mesa que lleva por título: **“La uva sin pepita”**, centrado en el trabajo de colaboración, que en Murcia se ha realizado, entre la sociedad para la Investigación y Tecnología de Uva de Mesa (ITUM) y el IMIDA, para desarrollar variedades apirenas (sin semillas). El otro trabajo se enmarca en el otro sector, la uva para vinificación: **“Evolución del cultivo de la vid de vinificación en España en los últimos cincuenta años”**. Parten de la *Viticultura tradicional en los años setenta, continúan con la*

Intensificación de la viticultura en los años ochenta y noventa, rematando con una tercera parte que titulan: Hacia una viticultura sostenible en el siglo XXI. De nuevo nos encontramos con un manual resumido, en este caso de Viticultura.

“Cultivo de la Alcachofa” repasa de manera completa este cultivo, haciendo hincapié en el tema más novedoso que se refiere a la producción de alcachofa multiplicada por semilla. No se olvida de analizar la caída de producción de este producto, que achaca a la deslocalización de la producción para industria, a Perú.

Se remata este trabajo con **“Frutos secos en la Península Ibérica: Situación actual y perspectivas”**. En él, se analiza la situación actual, perspectivas y retos de la producción de seis especies de frutos secos: almendro, avellano, nogal, pistachero, castaño y pino piñonero, en la Península Ibérica. Estos cultivos han aumentado notablemente su producción, a nivel mundial en los últimos años, de ahí el interés de este capítulo, que los contempla de forma amplia. Es de destacar que actualmente, los frutos secos son una alternativa a otros frutales ya que la calidad de la producción ibérica destaca sobre la de otros países y en la mayoría de ellos (almendra, nuez y pistacho) se obtienen precios superiores a los de las importaciones.

En el trabajo **“Cooperativa La Palma 50 años de cooperación y compromiso”**, se realiza un breve recorrido por la historia de la cooperativa, así como por sus productos, finalizando con un análisis de la situación actual en la que se encuentra la cooperativa, así como sus retos de futuro. Destacaremos la introducción del Tomate Cherry, en el año 1987, como el hito más importante de la trayectoria de La Palma. El Tomate Cherry hasta entonces un producto de poco consumo, principalmente vinculado al exotismo o al consumo de las élites, pasó a ser un producto de consumo habitual en los lineales de la mayoría de los supermercados europeos. En La Palma, desde su creación hasta su jubilación en 2006, estuvo al frente D. Miguel del Pino un referente en el cooperativismo español.

Esta es una obra enciclopédica en la que cada capítulo se puede leer de forma independiente, lo que permite a los lectores interesados en unas temáticas concretas ir directamente a ellas, con independencia de que complementen su lectura, con los otros epígrafes.

También hay que señalar que es una obra que se lee muy bien, el lenguaje es claro, por lo que hay que felicitar a los autores, felicitación que debe sumarse a la que hacemos por la actualidad y oportunidad de los contenidos.

El público que puede beneficiarse de la edición de este libro es muy amplio. Puede ser de interés para muchos agricultores que combinen en sus explotaciones frutas y hortalizas, también a los técnicos de empresas de semillas, viveros frutales, empresas de abonos y fitosanitarios, de riegos, etc., en fin, los que están en contacto estrecho con los agricultores y también los que hacen investigación-experimentación y desarrollo. Les puede ayudar en la puesta a punto de sus sistemas de producción de acuerdo con cómo han evolucionado las técnicas y los mercados. A los técnicos de las diferentes autonomías y gobierno central, que trabajen en estos sectores, también les pueden ser de utilidad la mayor parte de los contenidos aquí vertidos.

Los docentes y los estudiantes de las distintas ramas de la producción vegetal, que estén interesados en la Horticultura de manera amplia, pueden encontrar muchas referencias en este

libro tanto técnicas, cómo económicas. En mi caso, es una publicación que tendría cerca, localizada, pues creo que me sería de utilidad.

Nadie podrá dudar de la pertinencia de esta obra, si recordamos, para terminar, lo que representa la Hortofruticultura en la agricultura de nuestro país. Según los contrastados y más recientemente publicados datos, por el MAPA en su 2ª Estimación de la Renta Agraria de 2021, de enero de 2022: las frutas y hortalizas representaron el **35,6% (19% hortalizas + 16,6% frutas)** del total de los que produce nuestra agricultura (producción vegetal y animal), siendo todavía un dato más rotundo, que frutas y hortalizas representan el **60% de la producción vegetal (32% hortalizas + 28% frutas)** y en esta partida no están vino y mosto y aceite de oliva. No se puede decir más, estamos ante el sector que más aporta a nuestra agricultura, luego es muy oportuno que se avance en su conocimiento y en la formación de los hortofruticultores, a lo que es de esperar, que contribuya esta publicación.

Pedro Hoyos Echevarría

Titular de la Universidad Politécnica de Madrid

El libro de la Tecnología Hortícola Mediterránea: Evolución y futuro

Producción de frutas, hortalizas, ornamentales en climas cálidos

El final de la década de los 70 del siglo pasado y los inicios de la siguiente significaron un hito en la horticultura española.

La horticultura – entendida en un sentido de huerto romano, donde había frutas, hortalizas y especies ornamentales - había empezado a cambiar. En Francia ya se usaban plásticos para proteger los cultivos, se empezaron a usar los primeros híbridos, ... Había empresas que ya “*exportaban*”, no sólo a Madrid, sino también a mercados como Saint Charles, en Perpiñán, o el mismo Rungis, en París. Hacía poco que los exportadores no necesitaban “*cupos*” para vender sus frutas y hortalizas a la UE.

La incorporación de España a la UE, en 1986, hace que un mercado de más de 300 millones de personas se vuelva “mercado interior” para un país caracterizado por su clima cálido, mediterráneo, con posibilidad de producir en momentos en que el resto de Europa lo tiene difícil.

Más tecnología para producir más y mejor

La incorporación a la UE trajo una serie de facilidades comerciales. Esto, unido a los avances técnicos, genera un auge en las exportaciones, basado en avances en la producción, y cambios en la estructura de las explotaciones.

A lo largo de estos años se han incorporado nuevas variedades, sistemas de producción con un nivel alto de control del medio ambiente como invernaderos de plástico o cultivo bajo malla, riego y fertilización precisos, han cambiado los sistemas de protección de las plantas, ... con una gran disminución de los principios activos “*convencionales*” disponibles y un auge paralelo de las medidas de control basadas en medios biológicos, ...

Los últimos años aportan la agricultura de precisión en que sensores para múltiples situaciones permiten detectar desde la humedad del suelo, hasta las carencias nutricionales, la eliminación automatizada de malezas por medios mecánicos, conocer el estado de maduración, ...

La tecnología de poscosecha ha evolucionado también, hasta llegar a la evaluación de la calidad interna y externa fruta a fruta.

El big data permite sacar partido de la experiencia previa, contribuyendo a tener herramientas capaces de evaluar con una precisión creciente.

El cultivo vertical es ya una realidad en países con menos espacio y/o climatologías más complicadas. El manejo de la luz y los restantes factores de cultivo hacen posible tener alimentos sin sol directo, en un sistema cerrado. Su materialización en climas mediterráneos es aún

hipotética, pero la tecnología existe. En Holanda, con una tecnología intermedia, en 1 m² obtienen 30 kg de tomates.

La percepción del consumidor ha cambiado, y ahora exige alimentos que no sólo lo cuiden a él, sino también al medio ambiente.

Tecnología mediterránea utilizada en España y en otras zonas de clima cálido

El clima mediterráneo del que disfruta España en sus principales zonas de producción ha condicionado la tecnología utilizada. En este período, la tecnología española de producción y poscosecha, adaptada a climas cálidos, se ha implantado en otras zonas de cultivo del mundo.

Numerosas zonas de clima cálido distribuidas por el mundo han empleado y aún emplean estructuras de protección para cultivo, la maquinaria de almacén y múltiples otros desarrollos creados inicialmente para la geografía española.

¿Cómo hemos llegado hasta aquí y cómo continuaremos?

A lo largo de los capítulos que siguen muchos de los protagonistas de este cambio harán un repaso a esta evolución, en las áreas de su experiencia, culminando con una previsión de cuál puede ser la evolución de la tecnología de producción de frutas, hortalizas y ornamentales en climas cálidos, tomando la experiencia española como ejemplo.

Los enfoques de los capítulos son diversos en un reflejo de la experiencia del autor y seguramente, de la libertad creativa asumida por parte de los editores. Creemos que es una riqueza y esperamos sea un criterio compartido por los lectores.

Varios de los capítulos reflejan en su redacción la emoción de un proceso vivido en primera persona.

El epílogo del capítulo del profesor Francisco Rovira es muy inspirador en cuanto al futuro *“Desde un punto de vista social, una profesión dotada tecnológicamente con las mismas herramientas que el resto de sectores industriales, y en algunos casos con soluciones incluso más avanzadas, puede revitalizar la población rural y atraer a jóvenes agricultores, tanto hombres como mujeres, que puedan dar respuesta a una vocación tan trascendental como es alimentar a la población, sin tener que estar sometidos a los disuasorios rigores del trabajo físico, cada vez más en manos de las máquinas, las actuales, y las que sin duda llegarán en décadas venideras.”*

En primera persona

Ha sido un proceso sumamente enriquecedor estar en contacto con cada uno de los autores y tener la oportunidad de leer, en primicia, sus respectivos capítulos. Muchos de ellos son “compañeros de viaje” profesionales desde hace años y agradecemos muchísimo que nos hayan acompañado con su participación en el libro. También ha sido un proceso que ha durado bastante más de lo previsto, y agradecemos a todos ellos el haber volcado su invaluable experiencia, tiempo y paciencia con nosotros.

También han sido compañeras de viaje muchas de las empresas y entidades que participan como patrocinadores. Valoramos enormemente que también nos hayan acompañado en esta ocasión, al igual que las empresas con las que el trayecto común ha sido menor. Todas ellas fabrican productos u ofrecen servicios valiosos para los lectores del libro.

Nuestros compañeros Claudia Conesa y Leandro Olmos han sido una ayuda invaluable, a cargo de la compaginación y aprobación del diseño final por parte de los autores, y de las gestiones comerciales, respectivamente. Todos los autores han estado en contacto con Claudia y han disfrutado de su profesionalidad y don de gentes.

En este largo período de gestación del libro nos ha dejado uno de los autores, Eduardo Primo Millo. Es una enorme pérdida, humana y profesional.

Alicia Namesny y Pere Papasseit
Editores y Gestores de SPE3, S.L.

ÍNDICE

1.	PANORAMA GENERAL	1
1.1.	Evolución de producción, productividad y destino del producto hortícola español	3
	Miguel Merino Pacheco	
1.2.	Mercado interior	53
	Joaquim Ros Saques	
1.3.	Mercado exterior: 1975-2019, el milagro hortofrutícola español	75
	Francisco Borrás Escribá	
1.4.	Mercado exterior de la tecnología española	91
	Jaime Hernani	
1.5.	Las herramientas de Europa	95
	David del Pino	
1.6.	La mejora genética, la obtención de alimentos y el Pacto Verde de la Unión Europea	109
	José Pío Beltrán	
1.7.	Innovación tecnológica en fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad	121
	Ignasi Iglesias	
1.8.	La incorporación de tecnología en la horticultura de Almería como base para mantener la rentabilidad de los cultivos	151
	Francisco Camacho Ferre y Luis J. Belmonte Ureña	
1.9.	Análisis y tecnología en horticultura mediterránea	173
	Estanislao Martínez Martínez, Iván Frutos Vázquez y Gonzalo Allendes Lagos	
1.10.	La industria ornamental – Árboles, arbustos y flor de corte	189
	Vital García-España Serra	
1.11.	Variedades de ornamentales	205
	Manolo Ruiz	
1.12.	Alimentos ecológicos: biodiversidad, sostenibilidad y salud	227
	José Ángel Navarro Castillo	
1.13.	Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?	265
	José María Salleras Marcó	

1.14.	Oportunidades de negocio, valor agregado y promoción del consumo hortofrutícola	293
	Pere Papasseit i Totosaus	
1.15.	La investigación agraria: el modelo mediterráneo en citricultura	309
	Eduardo Primo-Millo y Manuel Agustí Fonfría	
1.16.	El desarrollo de la poscosecha en fresco y mínimamente procesada. Una panorámica	317
	Francisco Artés y Francisco Artés-Hernández	
1.17.	El papel de los profesionales en la horticultura	339
	Antonio Jesús Zapata Sierra	
1.18.	La comunicación en horticultura	369
	Alicia Namesny	
2.	TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN	377
2.1.	Planta a la carta	379
	Juan Heis Serrano	
2.2.	Viveros frutales	395
	Juan Miguel Rubio	
2.3.	Invernaderos	405
	Francisco Domingo Molina-Aiz, Diego Luis Valera-Martínez, Alejandro López-Martínez, Mireille Nathalie Honoré, María de los Ángeles Moreno-Teruel y Ana Araceli Peña-Fernández	
2.4.	Gestión de residuos agrarios en invernaderos	443
	María del Mar Téllez, M ^a Rosa Granados, Encarnación Samblas, M ^a Carmen García, M. ^a Luz Segura, Rafael Baeza, Dirk Janssen, Evangelina Medrano, Miguel Cara y Salvador Parra	
2.5.	Control climático	449
	Antonio Marhuenda	
2.6.	Riego	487
	Aida Mérida García y Juan Antonio Rodríguez Díaz	
2.7.	Fertilizantes convencionales	513
	Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (ANFFE)	
2.8.	Bioestimulantes	527
	Camino García Martínez de Morentin	

2.9.	Pasado, presente y futuro de la sanidad vegetal	539
	Carlos Palomar Peñalba	
2.10.	Evolución de la bioprotección en la tecnología hortícola mediterránea	555
	Estefanía Hinarejos Esteve	
2.11.	Control de plagas en cultivos hortícolas: en camino hacia la sostenibilidad	575
	Jan van der Blom	
2.12.	Plásticos para la agricultura	595
	Juan José Magán Cañadas e Isabel Goyena García-Tuñón	
2.13.	Mallas agrícolas	629
	Antonio Jesús Álvarez y Rocío M. Oliva	
2.14.	Maquinaria agrícola en la hortofruticultura	655
	Carlos Gracia López	
2.15.	Robótica móvil para la producción agraria	693
	Francisco Rovira Más y Verónica Saiz Rubio	
2.16.	La transformación digital del medio agrícola	717
	Jairo Hernández Salvador	
2.17.	Redes de sensores inalámbricos de clima, suelo y planta	731
	Francesc Ferrer Alegre y Albert Roselló Martínez	
2.18.	Uso de la teledetección para el manejo del cultivo y conexión con la maquinaria agrícola	751
	Francisco José García Ruiz	
2.19.	Sensores de conductividad eléctrica aparente para el análisis de la variabilidad del suelo en Agricultura de Precisión	765
	José Antonio Martínez Casasnovas, Jaume Arnó Satorra y Alexandre Escolà Agustí	
3.	CULTIVOS	787
3.1.	El tomate “Cherry”: Cooperativa “La Palma” 50 años de cooperación y compromiso	789
	José Antonio Haro	
3.2.	El desarrollo del cultivo de la fresa en Huelva	805
	Rocío Medina Muñoz	
3.3.	Cultivo de la alcachofa	815
	Carlos Baixauli Soria	

3.4.	Bouquet, la sandía que revolucionó la categoría	835
	Piedad Coscollá y Francisco Borrás	
3.5.	Los cítricos: evolución varietal y técnicas relevantes	847
	Pablo Aleza Gil y Vicente Tejedo Tormo	
3.6.	Bouquet Persimon. Un paradigma en innovación	897
	Francisco Borrás	
3.7.	Frutos secos en la Península Ibérica: situación actual y perspectivas	909
	Ignasi Batlle, Mercè Rovira, Neus Aletà, Xavier Miarnau, Joan Abel, Mercè Guàrdia, Leontina Lipan, Felipe Pérez de los Cobos, Verónica Casadó y Agustí Romero	
3.8.	Los frutales (sub)tropicales en la Península Ibérica	941
	José Jorge González Fernández e Iñaki Hormaza	
3.9.	La uva sin pepita	951
	Manuel Tornel	
3.10.	Evolución del cultivo de la vid de vinificación en España en los últimos cincuenta años	959
	Enrique García-Escudero Domínguez y José Miguel Martínez Zapater	
3.11.	El olivar en un tiempo de cambio	987
	Luis Rallo, Diego Barranco, Concepción M. Díez y Pilar Rallo	

AUTORES	1013
----------------	------

Listado de autores	1013
---------------------------	------

EMPRESAS PATROCINADORAS

AGRALIA	652
AGRICOAT NATURESEAL	316, 940
AGROMILLORA	120
ANALYTICA ALIMENTARIA	188
ANECOOP S. COOP – BOUQUET	834, 896
ARRIGONI	624
CAJAMAR CAJA RURAL	50
CAUDAL	508
COPERSA	750
FORIGO	712

FRUIT LOGISTICA	74
GREENTECH	52, 90
HEFE FERTILIZER	521
HEFONA	554, 958
ILERFRED	939
ISOLCELL	119
ITC DOSING PUMPS	486
JISA ADAVANCED AGRO	552
JOHN DEERE	686
KEKKILÄ-BVB	803
KUBOTA ESPAÑA	654
MASSÓ AGRO DEPARTMENT	573
NAANDANJAIN	484
NOGALNATURE	908
NOVAGRIC	404
NOVAMONT	592
NUNHEMS	150
ORVIFRUSA	202
RIJK ZWAAN	108
SISTEMES ELECTRÒNICS PROGRÈS	716
SYMBORG	526
TARAZONA	538
TOMRA FOOD	88
UNITEC GROUP	846
WISECONN	748

I. PANORAMA GENERAL

1.1. Evolución de producción, productividad y destino del producto hortícola español¹

Miguel Merino-Pacheco

mittelmeer@gmail.com

Consultor

Índice

1. Evolución de superficies, rendimientos y producción
 - 1.1. Hortalizas
 - 1.1.1. Pimiento
 - 1.1.2. Pepino
 - 1.1.3. Sandía
 - 1.1.4. Fresa
 - 1.1.5. Tomate
 - 1.1.6. Patata
 - 1.2. Frutales, cítricos, frutos secos
 - 1.2.1. Melocotón
 - 1.2.2. Manzano
 - 1.2.3. Naranja
 - 1.2.4. Mandarino
 - 1.2.5. Limonero
 - 1.2.6. Uva para vinificación
 - 1.2.7. Aceituna de almazara
2. Distribución regional de la producción y su evolución
 - 2.1. Estudio de la regionalización de los cultivos
 - 2.1.1. Distribución geográfica del cultivo del pimiento
 - 2.1.2. Distribución geográfica del cultivo de pepino
 - 2.1.3. Distribución geográfica del cultivo de la sandía
 - 2.1.4. Distribución geográfica del cultivo de la fresa
 - 2.1.5. Distribución geográfica de la producción de tomate
 - 2.1.6. Distribución geográfica de la producción de patata
 - 2.2. Regionalización de los cultivos frutales y cítricos
 - 2.2.1. Distribución geográfica de la producción de melocotón
 - 2.2.2. Distribución geográfica de la producción de manzana
 - 2.2.3. Distribución geográfica de la producción de naranja

¹ En este capítulo, se ha resumido el artículo que lleva el mismo nombre y al que se puede acceder a través del siguiente enlace:

https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/evolucion_de_la_produccion_productividad_y_destino

1. Panorama general

- 2.2.4. Distribución geográfica de la producción de mandarina
- 2.2.5. Distribución geográfica de la producción de limón
- 2.3. Regionalización de viñedo y olivar
 - 2.3.1. Distribución regional de la producción de uva para transformación
 - 2.3.2. Distribución regional de la producción de aceituna de almazara
- 3. Destino comercial de la producción
 - 3.1. Evolución del comercio exterior de hortalizas
 - 3.2. Evolución del comercio exterior de fruta
 - 3.3. Producción comercialización y destino
 - 3.3.1. Producto disponible, exportación, mercado interno: el caso del tomate
 - 3.3.2. Producto disponible, exportación, mercado interno: el caso de la cebolla
 - 3.3.3. Producto disponible, exportación, mercado interno: el caso del pimiento
- 4. Conclusiones

Resumen

En las últimas décadas, a partir de mediados de los años setenta del siglo pasado, el discurso general ha destacado la notable evolución del sector hortícola español, apoyándose en el incremento de su producción y productividad en todos estos años.

Se trata, sin duda de una evolución notable, basada en una estimación de conjunto. Pero, ¿qué significa el conjunto en un sector como éste, que presenta una enorme variación en todas sus manifestaciones? Es necesario prestar algo más de atención al detalle.

Al mismo tiempo, es también necesario limitar la extensión del análisis, pues de otra forma se sale rápidamente de los límites de un volumen como el presente. Es necesario buscar unas pocas variables que condensen la explicación de este desarrollo, y limitarlas a su vez temporalmente y a un abanico de productos determinado. Representativo. Basándose, al mismo tiempo, en datos que tengan una determinada unicidad y continuidad sobre el período de tiempo considerado.

En lo que respecta a la base estadística, se han reconstruido series de tiempo a partir de información básica de sucesivos tomos del Anuario de Estadística Agraria a partir de 1975 para buena parte de los productos hortícolas tratados². En algunos productos se ha elegido restringir la longitud de las series temporales.

Es de destacar que esa base estadística es, salvo contadas excepciones, la suministrada por distintas ediciones del Anuario de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura. Una y otra vez adaptada por este autor. También para la elaboración de las tablas y gráficas que constituyen el núcleo del presente trabajo. Se hace esta aclaración, a fin de evitar la repetición de citas.

² Frutas y hortalizas se consideran igualmente productos hortícolas. El concepto se extiende a otros productos como la patata, que es considerada la más de las veces como un cultivo de campo. Y también accesoriamente, a la uva de mesa y para transformación, y a la aceituna, tanto de mesa como de almazara

El criterio utilizado para escoger las especies hortícolas a analizar ha sido simplemente su valor total de mercado en el año 2018 – el último de las series de tiempo consideradas. Usar la variable “valor monetario” permite comparar entre diferentes productos. Otros indicadores no lo permiten. No es posible sacar una idea de la importancia relativa de fresas y patatas comparando superficies cultivadas, por ejemplo. No tiene el mismo significado económico una hectárea de fresa que una de tubérculo. Pero una vez establecido el rango de importancia, las comparaciones a hacerse son “dentro” de un mismo producto a lo largo del tiempo. Eso sí tiene sentido.

El tema del análisis es la evolución cuantitativa de la producción y la incidencia de la tecnología sobre esa evolución. Y luego, un análisis general del origen y destino de esas producciones. Para realizar una estimación de la influencia del progreso tecnológico para los distintos cultivos se usa la productividad física por unidad de superficie – el rendimiento. El rendimiento condensa el resultado de la aplicación de la tecnología, independientemente de cuál sea ésta. Esto se aplica a las formas de cultivo usuales, recogidas en el “Anuario”, para cada producto. Básicamente secano y regadío, y cultivo protegido, en los casos que sea usual.

La forma de representación escogida es mayormente gráfica. Para evitar tener que presentar largas columnas de cifras, cuya interpretación es trabajosa. Los bancos de datos elaborado para extraer la conclusión estarán disponibles en línea. El texto principal contiene la representación gráfica de las variables tratadas, acompañada de comentarios.

1. Evolución de superficies, rendimientos y producción

1.1. Hortalizas

1.1.1. Pimiento

La evolución de la superficie total de pimiento a partir del año inicial de esta investigación ha sido constantemente negativa. En la segunda mitad de la década de los setenta del siglo pasado la superficie total se movía algo por debajo de las 30.000 ha en toda España. Promediando la segunda década del presente siglo, un leve repunte lleva este valor a las 20.000 ha aproximadamente.

Este descenso de la superficie cultivada es el reflejo de una disminución marcada de la superficie cultivada al aire libre bajo regadío. El pimiento de secano nunca tuvo relevancia, y actualmente ha prácticamente desaparecido (Figura 1).

Por lo contrario, el cultivo de pimiento bajo invernadero ha aumentado significativamente, desde la práctica insignificancia de 1975 (1.829 ha), a las importantísimas 13.460 ha recientes (2018).

Esto ha llevado a un constante aumento de la producción de pimiento. Una tendencia creciente constante a lo largo del período considerado (Figura 2). Con algunos altibajos propios de la producción agrícola. Sustenta este crecimiento el pimiento en cultivo protegido, apoyado en el aumento de las dos variables que lo determinan: el aumento de la superficie bajo esta modalidad de cultivo y el aumento constante de los rendimientos bajo invernadero. Ambos factores en invernadero (superficie, rendimiento) son suficientes para contrarrestar la pérdida

1. Panorama general

de superficie de secano y regadío y la más pobre evolución positiva del rendimiento bajo regadío.

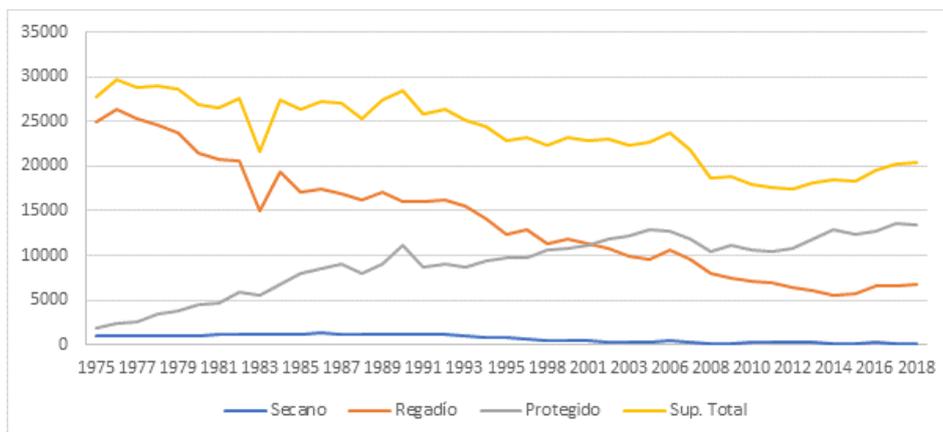


Figura 1. Evolución de la superficie de pimiento (ha)

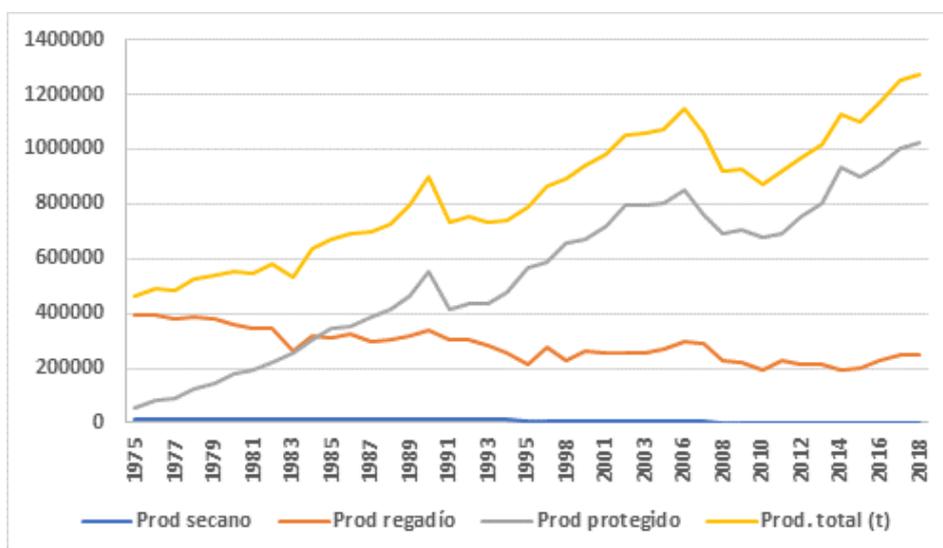


Figura 2. Evolución de la producción de pimiento (t)

1.1.2. Pepino

La superficie total de pepino evoluciona desde 5.246 ha en 1975 hasta 7.503 ha en 2018. Un crecimiento sin duda muy importante. Pero más interesante aun es que ese crecimiento se produce desplazando la superficie casi totalmente hacia el cultivo protegido. La superficie en secano siempre fue mínima - 176 ha en 1975 -, y desaparece totalmente ya a comienzos del presente siglo. El regadío representaba más de la mitad de la superficie total de pepino al inicio del período (3.679 ha de un total de 5.246), y se mantiene más o menos estable hasta 1990. Mientras el protegido casi se triplica hasta ese año (desde 1.391 hasta 3.374 ha). A partir de 1990 comienza a decaer hasta una presencia casi testimonial en la actualidad (Figura 3). O sea que el incremento de la superficie total de pepino, desde algo más de 5.000 ha hasta 7.500 actuales se hace sobre los hombros de un sistema de alta productividad y tecnología, el cultivo protegido.

La evolución de la producción refleja la de las superficies. De una importancia mínima en secano en 1975, desaparece bajo esta modalidad muy pronto. La producción en regadío disminuye desde la cierta importancia que tenía en 1975, hasta la 16.000 t actuales, mientras la producción

de protegido se multiplica por seis. La Figura 4 muestra esa evolución, donde se observa que en los últimos años: “producción total” es equivalente a “producción protegida”.

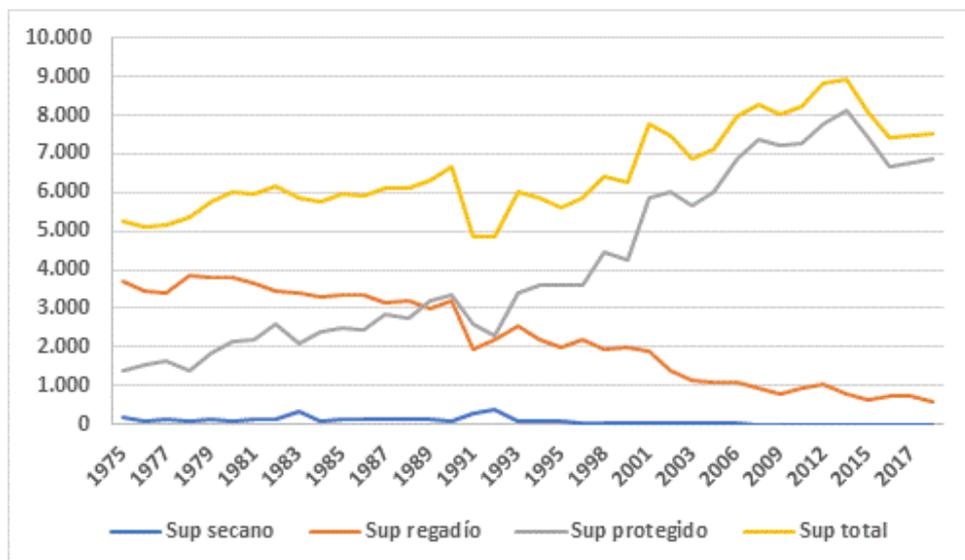


Figura 3. Evolución de la superficie de pepino (ha)

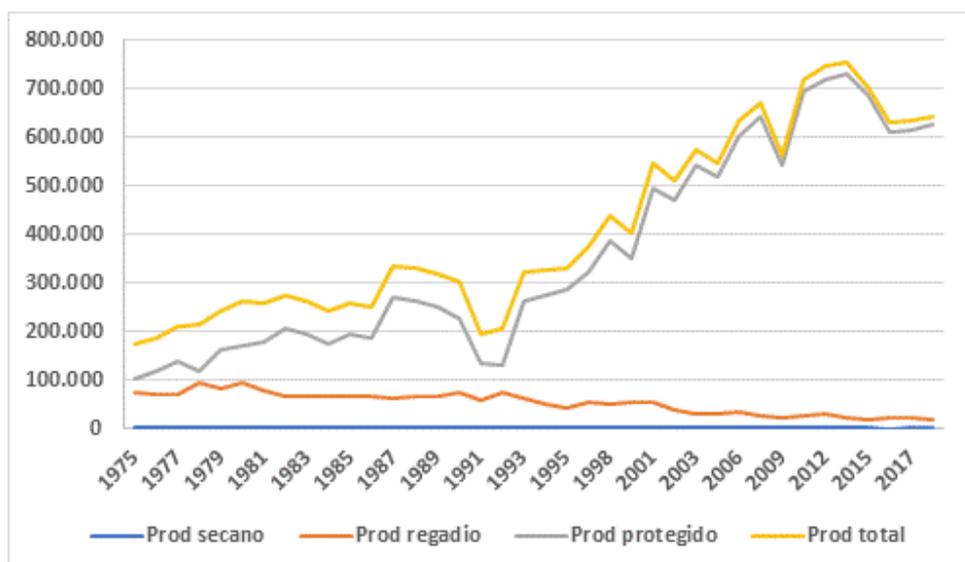


Figura 4. Evolución de la producción de pepino (t)

1.1.3. Sandía

Al comienzo del período considerado, la superficie total de sandía en España se mantuvo aproximadamente estable entre las 25.000 y las 30.000 ha (1975/90). A partir de ese momento comienza una fase de retroceso hasta el año 2008, en el que alcanza un mínimo de 15.600 ha. En los diez años hasta 2018 se recupera hasta alcanzar las 20.400 ha (Figura 5).

Subyacente a esta evolución total está el permanente descenso del cultivo en secoano, que con 16.735 ha a comienzo del período era la modalidad de cultivo más importante, hasta prácticamente desaparecer en el presente.

A finales de la década de los 80 del siglo pasado, el área de secoano es superada por las de regadío al aire libre y protegido, siendo la primera de ellas la modalidad predominante hasta la actualidad. El cultivo protegido de sandía solo ha tenido un éxito relativo.

1. Panorama general

La producción total de sandía ha seguido una línea ascendente definida desde 1975 (Figura 6). Este resultado se desdobra en un descenso de la producción en secano desde 150.000 t a una cantidad muy poco importante en 2018), con un incremento simultáneo del regadío al aire libre y del cultivo protegido.

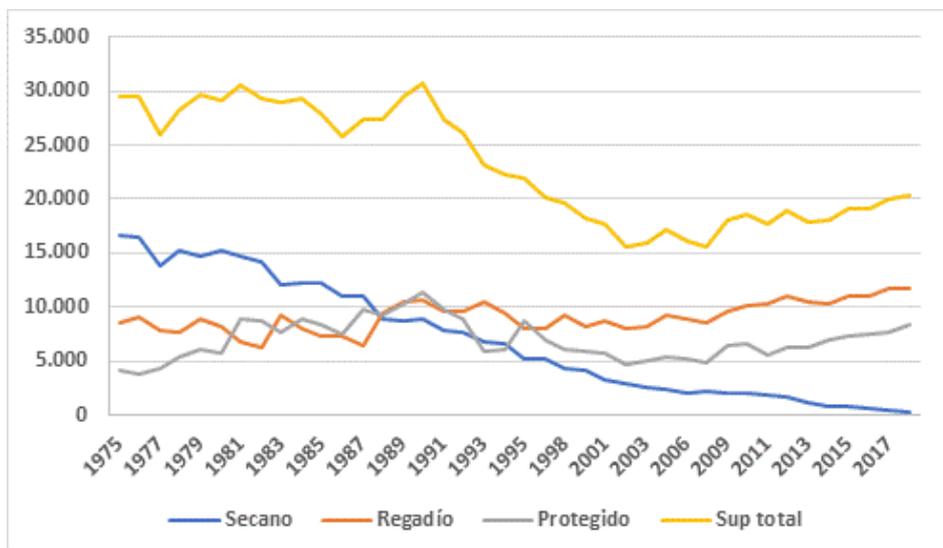


Figura 5. Evolución de la superficie de sandía (ha)

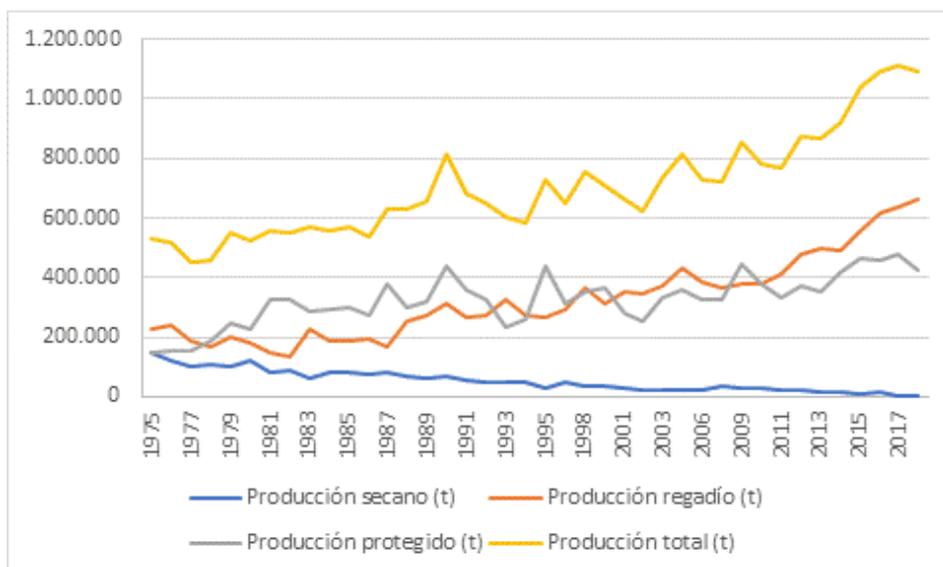


Figura 6. Evolución de la producción de sandía (t)

El cultivo protegido produjo la mayor parte de la sandía entre 1978 y 1995, para luego ser desplazado por el regadío al aire libre a partir de esa fecha. Esta última cantidad se ha más que triplicado en el período considerado.

1.1.4. Fresa

La fresa presenta una verdadera revolución tecnológica, que se refleja claramente en las tres variables – y sus variantes - escogidas para este análisis. La superficie total del cultivo de fresa se incrementa sensiblemente durante este período. De 4.600 a 7.000 ha. En realidad, la variación de este parámetro (superficie total) no difiere mucho de la de otros cultivos. Pero el análisis de

las variaciones de las tres modalidades de cultivo (secano, regadío y protegido) cuenta una historia diferente.

En 1975, la mitad de la superficie de fresa de España se cultivaba en secano. Regadío al aire libre era significativo (1.594 ha), y cultivo protegido minoritario (660 ha).

Veinte años más tarde, tras una larga declinación, la fresa en secano ha desaparecido. Seguida por la de modalidad de regadío al aire libre en 2009. A partir de esa fecha, la totalidad del cultivo de fresa se realiza bajo distintos tipos de forma protegida (Figura 7). La superficie total tiende a estabilizarse alrededor de las 7.000 ha.

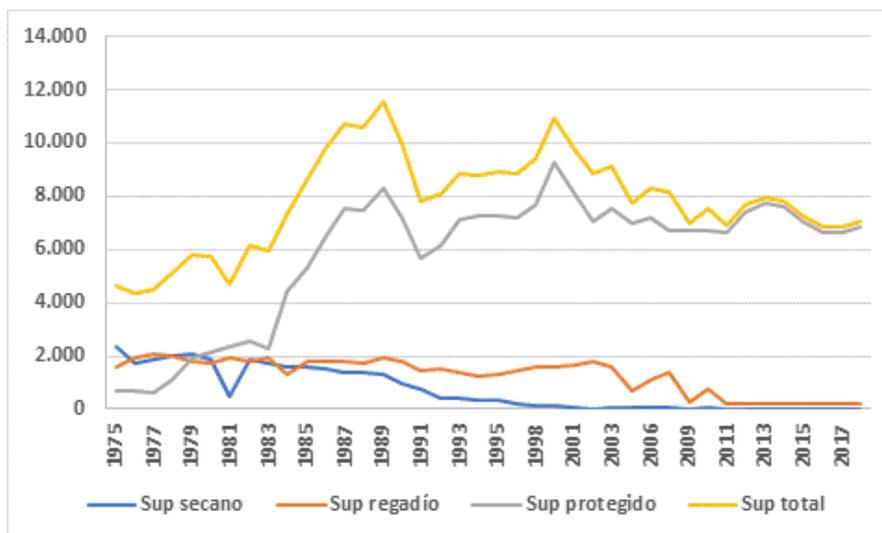


Figura 7. Evolución de la superficie de fresa (ha)

El incremento de la producción de fresa en el período 1975 – 2018 solo puede calificarse de explosivo. Se ha multiplicado unas trece veces en ese lapso de tiempo. La producción total y la producción de modalidad protegida se superponen casi exactamente hasta promediar la década de los 90 del siglo pasado, y exactamente luego de esa fecha. Toda la producción de fresa significativa tiene lugar exclusivamente bajo la modalidad de cultivo protegido. Pese a ello, la producción oscila bastante a partir de eso año, pero con una tendencia estable a largo plazo entre 300.000 y 350.000 t. (Figura 8).

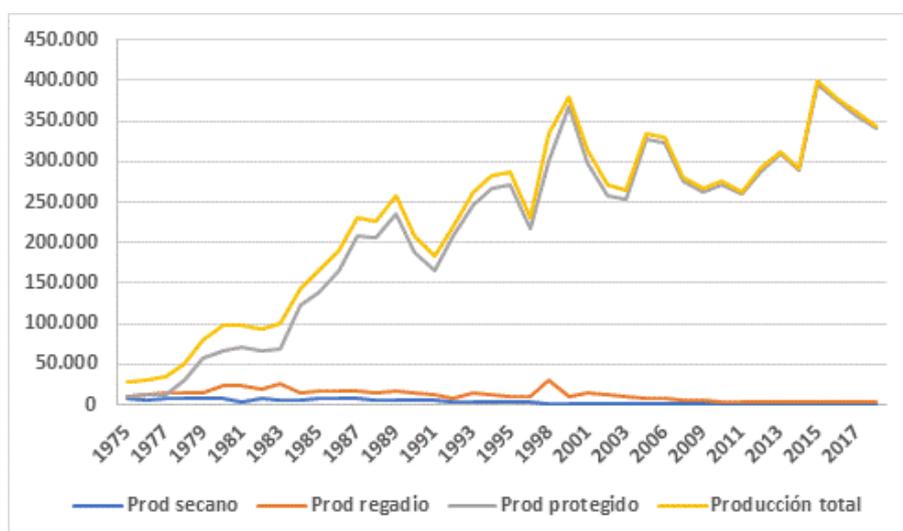


Figura 8. Evolución de la producción de fresa (t)

1. Panorama general

1.1.5. Tomate³

En el año 1975, el cultivo de tomate en España se realizaba mayoritariamente (88%) en cultivo en regadío al aire libre. Al final del período estudiado, el secano ha prácticamente desaparecido, el regadío al aire libre reducido a la mitad, y el protegido se ha sextuplicado. La superficie total se ha reducido de 81.000 ha a 56.000 (Figura 9). Siguiendo a la desaparición del secano y a una tendencia negativa de la superficie en regadío al aire libre. Esto da una idea clara de lo inapropiado del uso de la superficie como indicador de la importancia de un cultivo si no se hace, simultáneamente, referencia al sistema de producción utilizado.

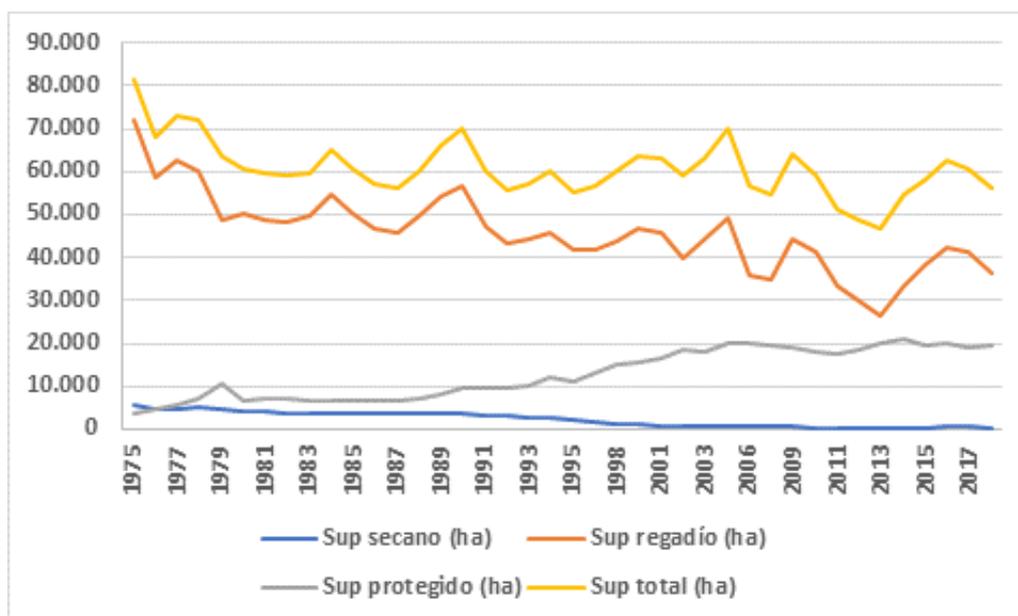


Figura 9. Evolución de la superficie total de tomate (ha)

La producción total de tomate se ha casi duplicado en el período considerado. De 2.500.000 t en 1975 hasta 4.800.000 t en 2018 (Figura 10). La observación de la Figura 20 explica mejor esta evolución. Allí, se observa que la producción protegida - destinada exclusivamente, al consumo en fresco - se incrementa constantemente, desde un nivel bajo (190.000 t) a los casi 2.000.000 t anuales de la actualidad. El cultivo en regadío al aire libre siempre ha tenido, por lo contrario, una gran importancia. Y asciende de 2.000.000 t en 1975 a los 3.000.000 t actuales. Aunque siguiendo un camino más marcado por los altibajos productivos que el protegido. Como era de esperar, pues toda la tecnología aplicada al protegido - a diferencia de lo que ocurre al aire libre - se centra en la homogenización del entorno que afecta a la producción de la planta.

³ El tomate, la hortaliza de más importancia en España y en el mundo, se produce en el país para dos destinos absolutamente diferentes: para fresco y para industria. A los que corresponden dos sistemas de producción radicalmente distintos. El tomate para fresco presenta modalidades de producción y su evolución similar a las de otras hortalizas de producción intensiva, con segmentos en secano, en regadío al aire libre y bajo invernadero. El tomate para industria se produce, sin excepción, al aire libre. Debido a limitaciones estadísticas, el presente análisis se realiza en primera instancia de forma conjunta. Siendo conscientes del limitado valor de las conclusiones a sacar con esa forma de proceder. Luego, recorriendo a series estadísticas de menor duración, se puede realizar una discriminación de los valores, y hacer un análisis complementario por separado para el producto de ambos destinos.

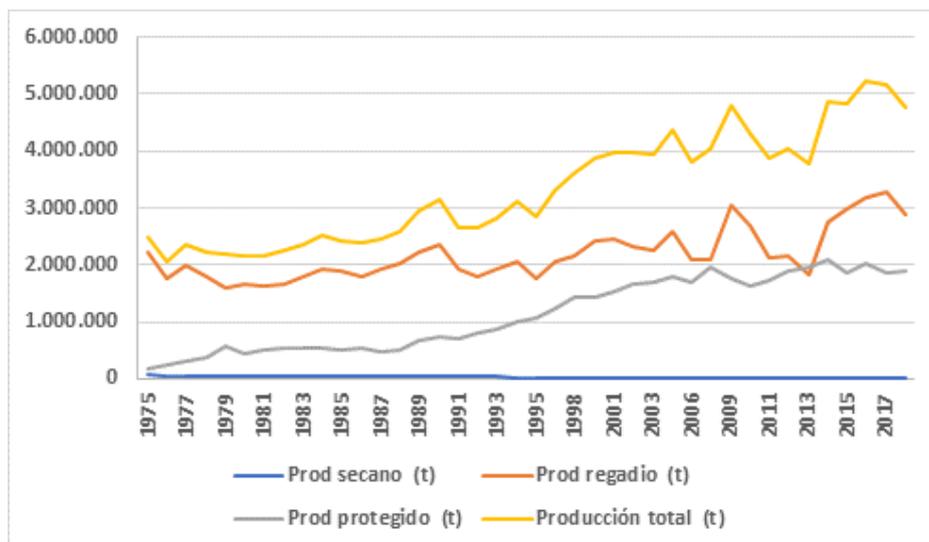


Figura 10. Evolución de la producción total de tomate (t)

Tomate consumo en fresco⁴

Las estadísticas usuales publicadas en las distintas ediciones del Anuario de Estadística Agraria no discriminan la superficie destinada a la producción de tomate en fresco de las superficies dedicadas a la producción de tomate industria⁵. Recurriendo a publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación es posible hacerse con parámetros claves. Como por ejemplo las superficies y producciones de tomate para industria.

Restando esas superficies de las superficies y producciones totales de tomate para todo el país se puede acceder a una estimación de la superficie y de la producción destinadas al consumo en fresco. Una superficie que se distribuye bajo las modalidades de producción protegida y en regadío al aire libre. La Figura 11 muestra la evolución de la superficie de tomate fresco entre 2006 y 2018.

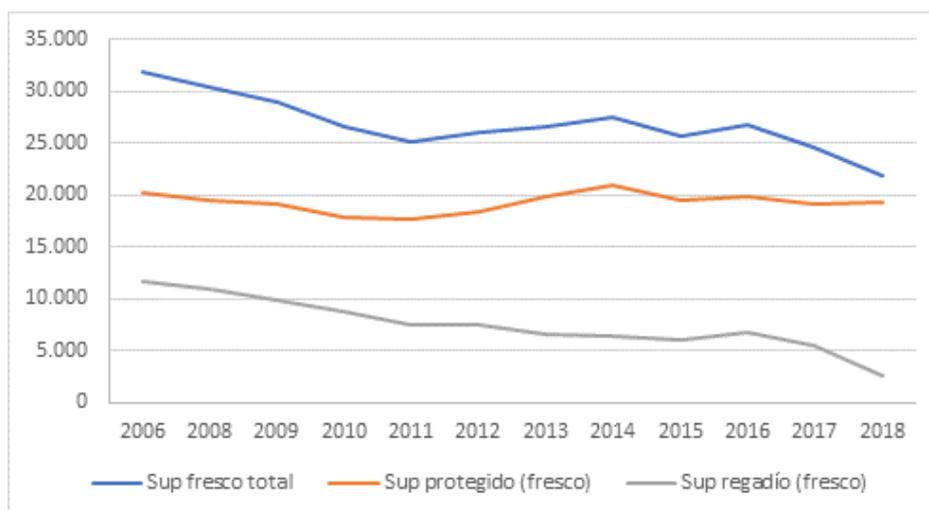


Figura 11. Evolución de la superficie de tomate para consumo en fresco (ha)

⁴ A fin de discriminar la producción de tomate con destino a consumo en fresco de la destinada a industria se dispone de una serie de tiempo mucho más limitada, comenzando en el año 2006

⁵ Avances – Superficies y Producciones Agrícolas. Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (varias ediciones)

1. Panorama general

En esa gráfica puede verse que la superficie total de tomate para consumo en fresco ha tenido un desarrollo negativo en esos doce años. Desde más de 30.000 ha a menos de 25.000 en los últimos años.

Ese descenso se debe a la disminución bastante sensible de la modalidad de cultivo el aire libre en regadío, que pasa de más de 10.000 ha en 2006 a unas 2.500 en 2018. La superficie de cultivo protegido se mantiene estable alrededor de las 20.000 ha.

La producción de tomate para consumo en fresco se obtiene, en su inmensa mayoría, de cultivo protegido. Y esa producción bajo invernadero, a su vez, se destina en su totalidad al consumo en fresco. La producción total se mantiene entre 2.000.000 y 2.500.000 t, mientras que la producción de invernadero crece desde las 1.600.000 t hasta los 2.000.000 t. La producción al aire libre para consumo en fresco disminuye durante todo el período, siendo sustituida por la producción en invernadero (Figura 12).

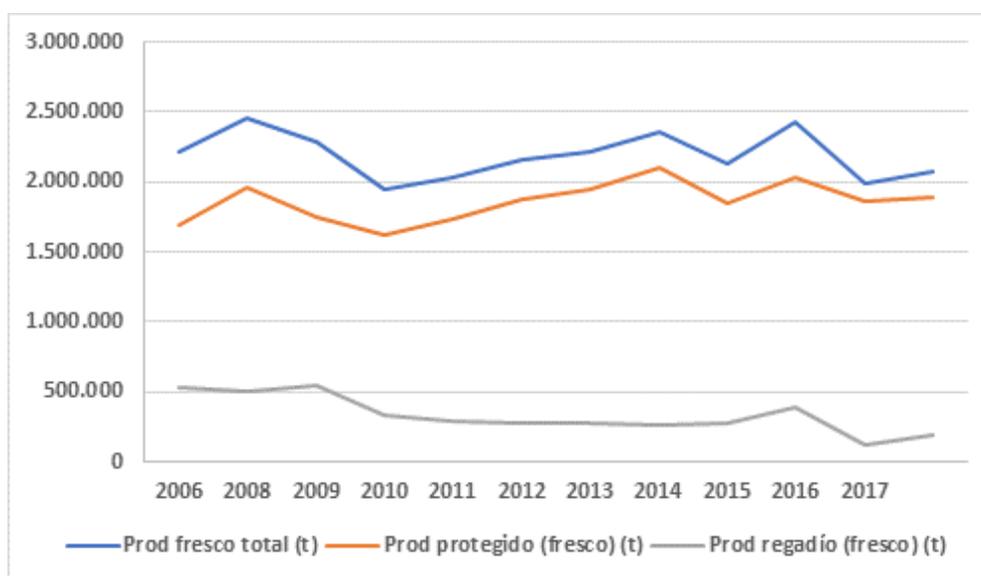


Figura 12. Evolución de la producción de tomate para consumo en fresco (t)

Tomate industria

Se puede considerar que el tomate para industria en España se ha cultivado en su casi totalidad, durante los últimos años, al aire libre con aplicación de regadío. El tomate de secano ha desaparecido casi completamente de España (200/300 ha en los últimos tiempos), y el tomate para consumo en fresco se obtiene bajo invernadero.

En la Figura 13 se observa que la superficie experimenta considerables oscilaciones alrededor de las 30.000 ha. En el último período – 2016 hasta la estimación de 2019 – se experimenta una “meseta” de estabilidad algo más alta (35.000 ha), cuya duración dependerá del entorno económico del cultivo y la industria en los próximos años.

La evolución de las cantidades producidas desde 2006 al presente puede dividirse en un período de cierta estabilidad alrededor de los 2.000.000 t- con altibajos – hasta 2013, seguido por un incremento constante de la producción a partir de esa fecha. Alcanzando los 3.000.000 t recientemente (Figura 14).

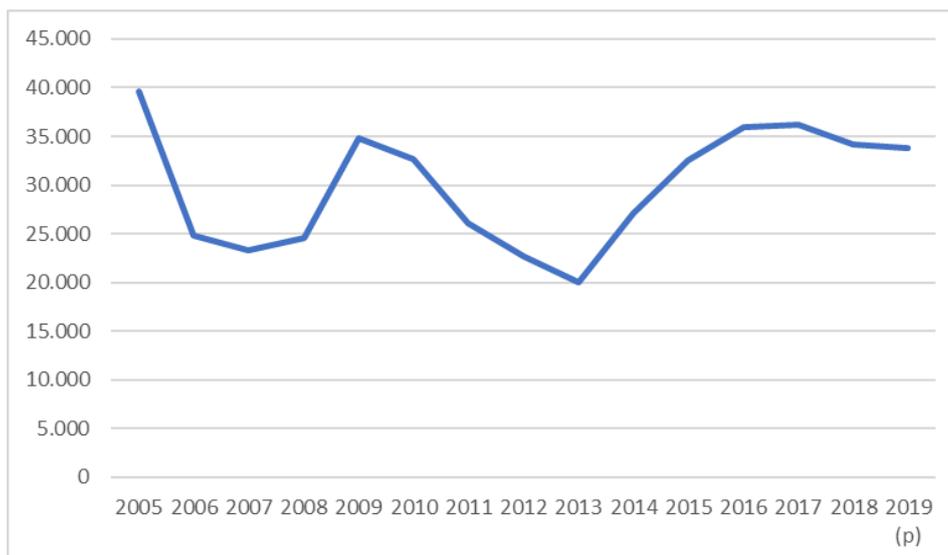


Figura 13. Evolución de la superficie de tomate para industria (ha)

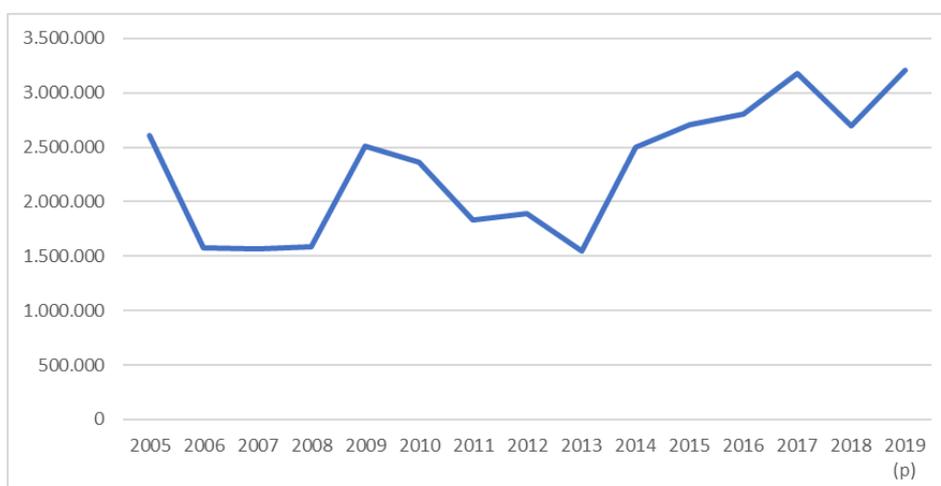


Figura 14. Evolución de la producción de tomate para industria (t)

Este incremento de la producción puede seguirse al incremento de la superficie de tomate industria a partir de 2013.

1.1.6. Patata

La evolución de la superficie total cultivada de patata es marcadamente negativa a lo largo de todo el período considerado (Figura 15). De 400.000 ha en 1975 se desciende a poco más de 50.000 ha en 2018.

Este descenso se observa en ambas modalidades de cultivo: secano y regadío. La superficie en regadío, inferior a la de secano a comienzos del período estudiado, disminuye también. Pero a un ritmo menor que el secano, con lo cual el área cultivada bajo riego es finalmente mayor que la de secano. Las gráficas se cruzan a comienzos de la década de los 90 del siglo pasado.

La producción total disminuye de forma similar. Habiendo alcanzado un pico de 6.000.000 t en 1984/85, desciende hasta los 2.000.000 t en la actualidad. La producción en regadío – siempre mayor que la obtenida en secano – oscila alrededor de los 3.000.000 t hasta 1993, para caer luego hasta los 2.000.000 t. Hasta 2018, cuando parece estabilizarse en ese volumen (Figura 16).

1. Panorama general

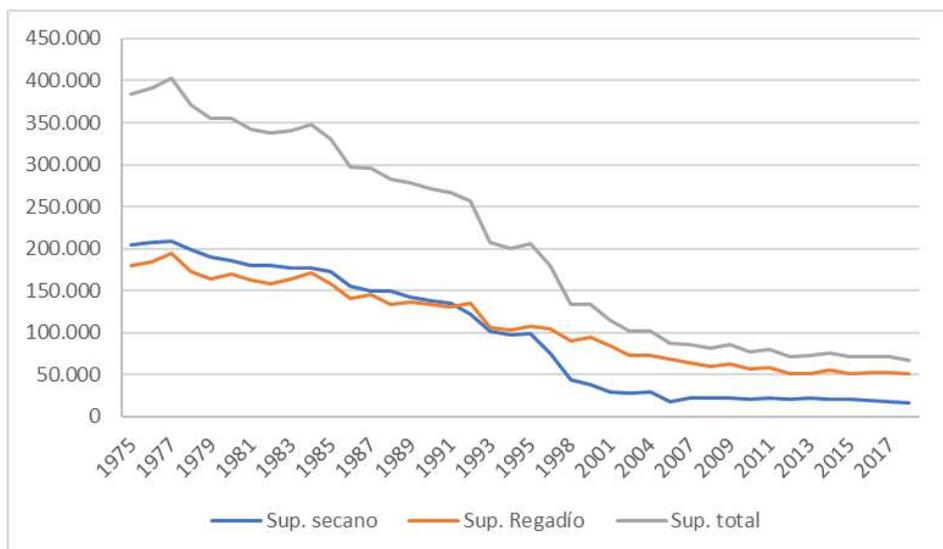


Figura 15. Evolución de la superficie de patata (ha)

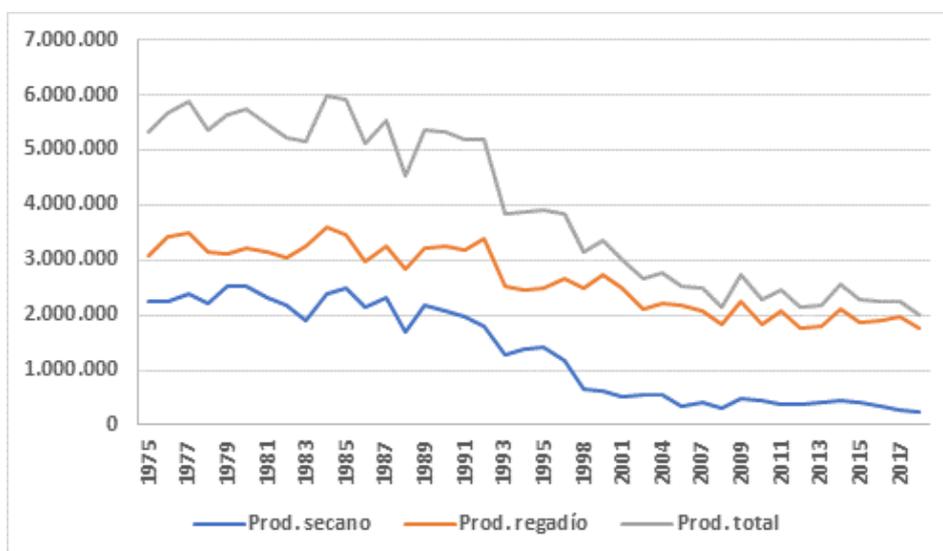


Figura 16. Evolución de la producción de patata (t*1000)

La producción en seco pasa de 2.000.000 t en 1975 a poco más de la décima parte de esa cifra en la actualidad.

1.2. Frutales, cítricos, frutos secos

1.2.1. Melocotón

La modalidad de producción principal del melocotón es la de plantación en regadío. El seco, siempre poco significativo, tiende a retroceder aún más. Superficie total es casi equivalente a superficie en regadío, siguiendo sus oscilaciones.

Durante el período considerado, se distinguen en esa evolución de la superficie cuatro períodos. El primero es de un incremento constante de la superficie, desde 1975 hasta 1991. Luego la superficie total se estabiliza alrededor de las 70.000 ha, y la de regadío en unas 10.000 ha menos. Esta estabilidad se interrumpe en 2006, con un descenso abrupto de la superficie de las plantaciones. Se pierden 30.000 ha en cuatro años. A partir de ese momento, la superficie se estabiliza en las 40.000 ha (Figura 17).

1.1. Evolución de producción, productividad y destino del producto hortícola español

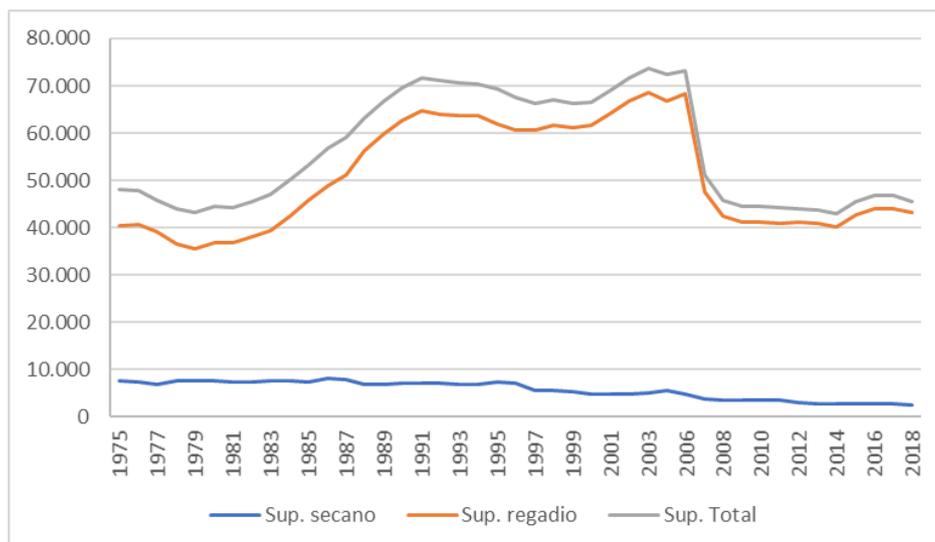


Figura 17. Evolución de la superficie de melocotón (ha)

La superficie de secano, mucho menor, se mueve por debajo de las 10.000 ha durante todo este período.

La producción recoge una característica similar a la superficie: su práctica totalidad ocurre bajo regadío. El secano ha sido siempre insignificante, y las líneas de producciones total y en regadío prácticamente se superponen (Figura 18).⁶

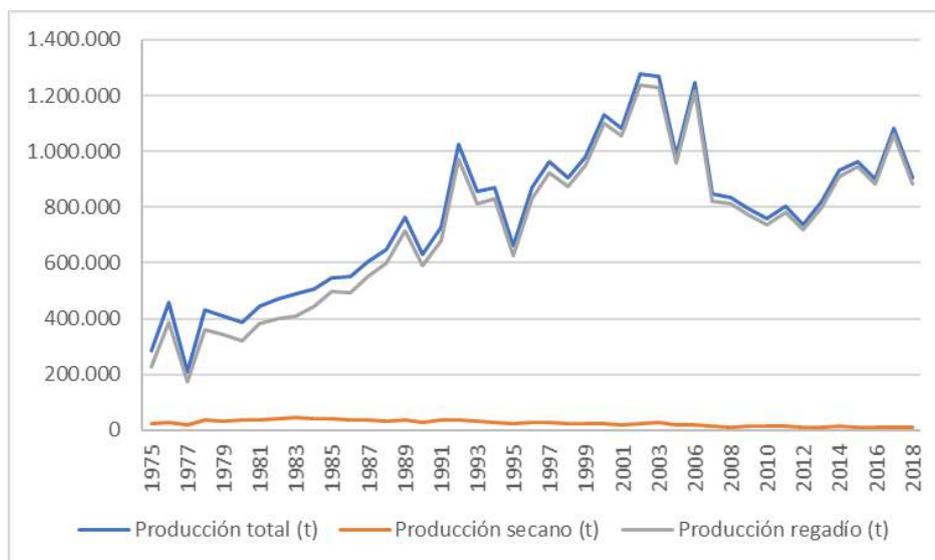


Figura 18. Evolución de la producción de melocotón (t)

La gráfica del desarrollo de la producción presenta una forma general similar a la del desarrollo de las superficies, aunque con oscilaciones más abruptas. Notable es el descenso de la producción entre 2006 y 2010, seguido por una recuperación de 200.000 t anuales atribuibles a los rendimientos.

⁶ Una característica de frutales y cítricos es que una fracción de la producción se obtiene sobre árboles diseminados, fuera de plantaciones. Esta fracción tenía una cierta importancia en 1975, alcanzando un 10%. Pero desciende rápidamente, siendo ya del 1% en 1992, hasta la actualidad. Esta producción, además, difícilmente alcanza los canales comerciales regulares, por lo cual es ignorada en las presentes estimaciones. Esta forma de proceder se repite para todos los frutales y cítricos

1. Panorama general

1.2.2. Manzano

La superficie de plantaciones de manzano ha evolucionado negativamente durante todo este período. Desde unas 68.000 ha hasta menos de 30.000 en la actualidad. La mayor parte de esta superficie se explota bajo la modalidad de regadío.

En la Figura 19 se observa el estrecho paralelismo entre la superficie total y la superficie de manzano en regadío. El descenso de ambas superficies es constante.

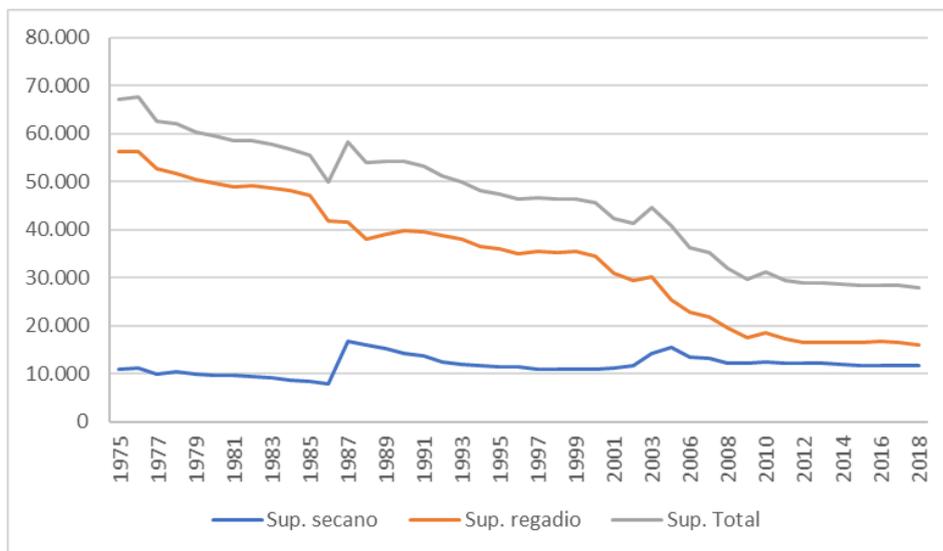


Figura 19. Evolución de la superficie de manzano (ha)

La superficie en seco se mantiene, por lo contrario, constante alrededor de las 10.000 ha. Con dos pequeños picos en 1987 y 2004, debidos seguramente a circunstancias medioambientales particularmente favorables.

La producción de manzana es también descendente y dominada por el regadío. Aunque los altibajos productivos son muy marcados (Figura 20). Y las oscilaciones de la producción experimentadas bajo regadío son mayores que los experimentados por la superficie de plantaciones.

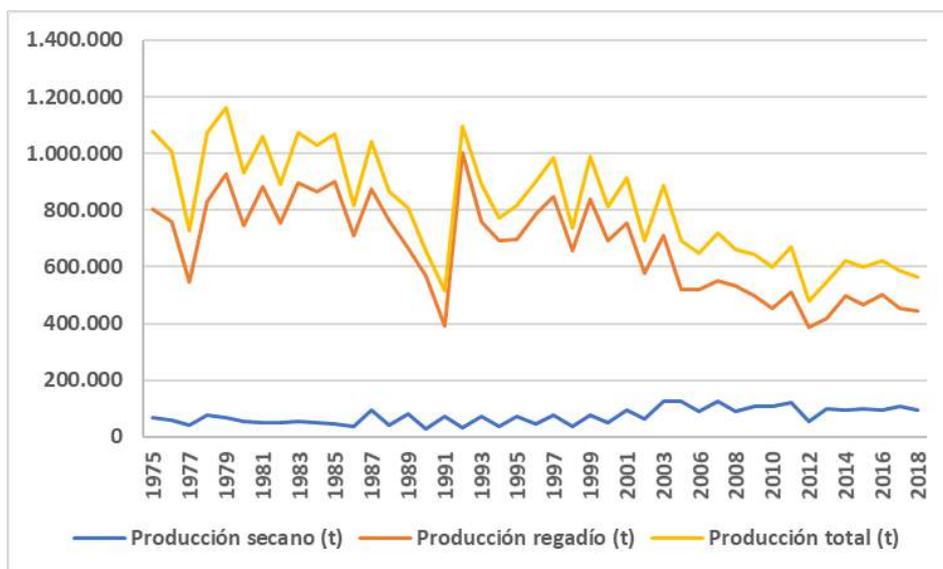


Figura 20. Evolución de la producción de manzana (t)

La producción en secano es de poca importancia, pero constante. Una característica que distingue a la producción de manzana de otros frutales – por lo menos al comienzo del período estudiado – es la importancia del aporte de “árboles aislados”.⁷

1.2.3. Naranja

La evolución de la superficie de plantaciones de naranja se ha mantenido estable a lo largo del tiempo. Entre las 120.000 y 140.000 ha. Con un cierto descenso (-10.000 ha aproximadamente) durante la década de los 80 del siglo pasado. Es de indicar que las plantaciones de naranja se realizan siempre bajo la modalidad de secano. No existe la modalidad del regadío (Figura 21).

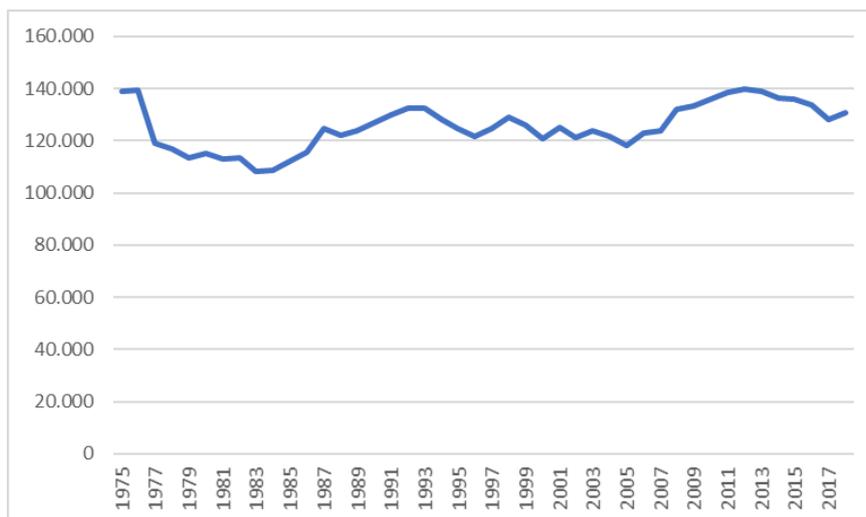


Figura 21. Evolución de la superficie de naranja (solo secano, ha)

La producción de naranja es oscilante, pero con una clara pendiente ascendente (Figura 22). Tras un comienzo estabilizado entre 1.500.000 y 2.000.000 t, a partir de 1984 comienza un claro ascenso de la producción, que alcanza los 4.000.000 t en 2018. Toda obtenida en modalidad de secano.

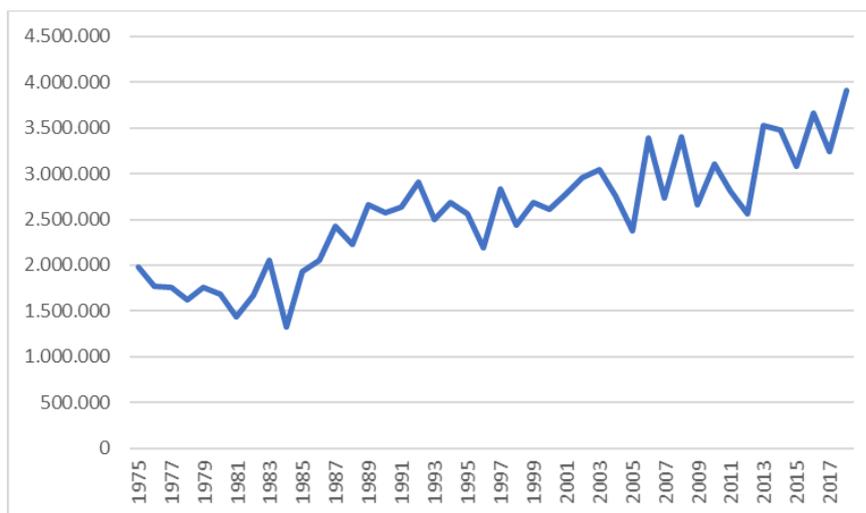


Figura 22. Evolución de la producción de naranja (ton)

⁷ En 1975 la producción de manzana en árboles aislados alcanzaba el 23% del total. Porcentaje que disminuye paulatinamente hasta un 4 o 5 % actual

1. Panorama general

La proporción de la producción obtenida de árboles aislados es mínima durante todo el período, no alcanzando nunca la marca del 1% de la producción total.

1.2.4. Mandarino

A diferencia de la superficie de naranjo, que se mantiene aproximadamente estable durante el período considerado, la de mandarino crece sensiblemente, de forma continuada. Desde unas 40.000 ha hasta 100.000 ha. Nivel al que se encuentra más o menos estabilizada, aunque se registra un leve descenso en los últimos tres o cuatro años de la serie (Figura 23). La totalidad de la superficie se explota también bajo la modalidad de secano.

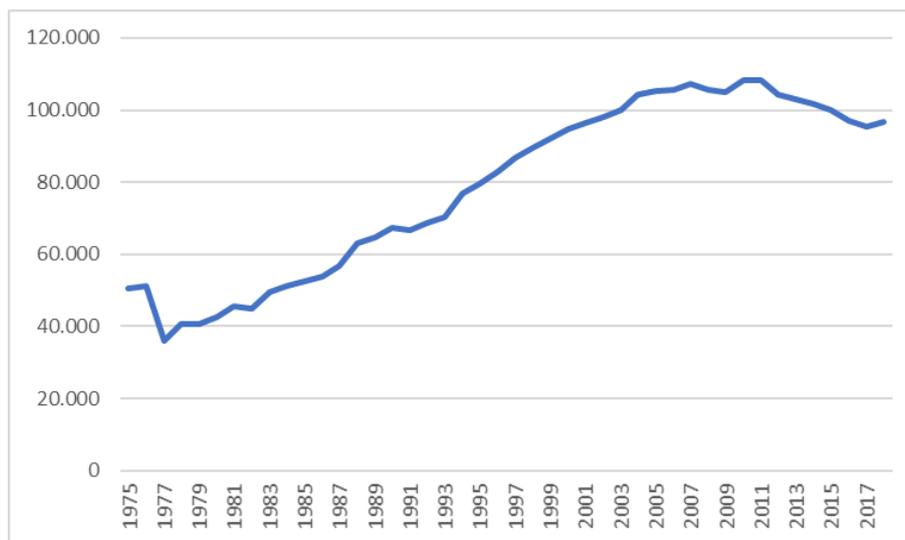


Figura 23. Evolución de la superficie de mandarino (ha)

La representación gráfica de la producción de las plantaciones de mandarino muestra un crecimiento similar al de la superficie de las mismas, aunque con oscilaciones a corto plazo mucho más marcadas. Lo esperable en un cultivo de plantación. Los árboles no se arrancan ni vuelven a plantar de una temporada a la siguiente, pero si están expuestos a factores ambientales que alteran su productividad. El aporte a la producción por parte de los árboles aislados es también mínimo (Figura 24).

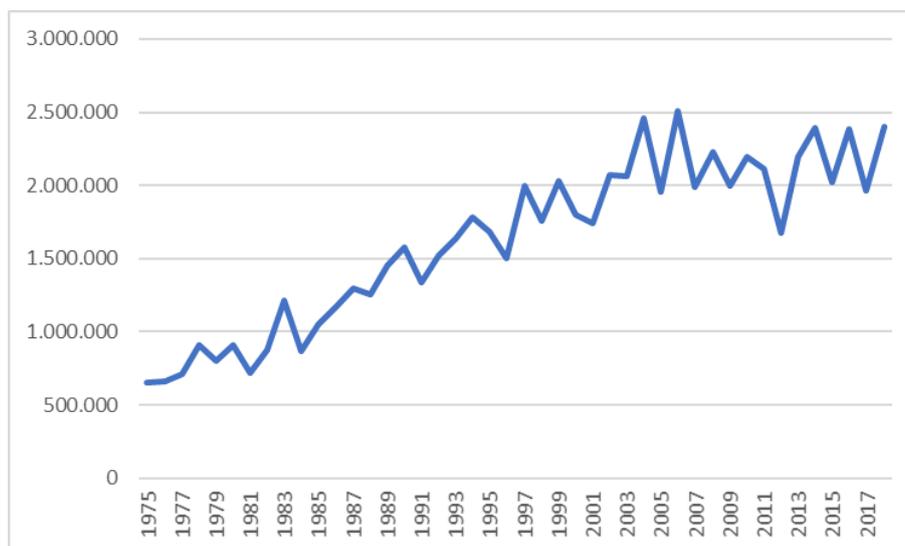


Figura 24. Evolución de la producción de mandarina (t)

1.2.5. Limonero

La evolución de las plantaciones de limón en España conoce una etapa creciente (1975 – 1986), y luego un estancamiento, con tendencia a la disminución. Entre 1987 y 2007 la superficie se mantiene entre las 40.000 y 50.000 ha, y a partir de ese año desciende levemente (Figura 25). Sin alteraciones radicales, como corresponde a cultivos permanentes.

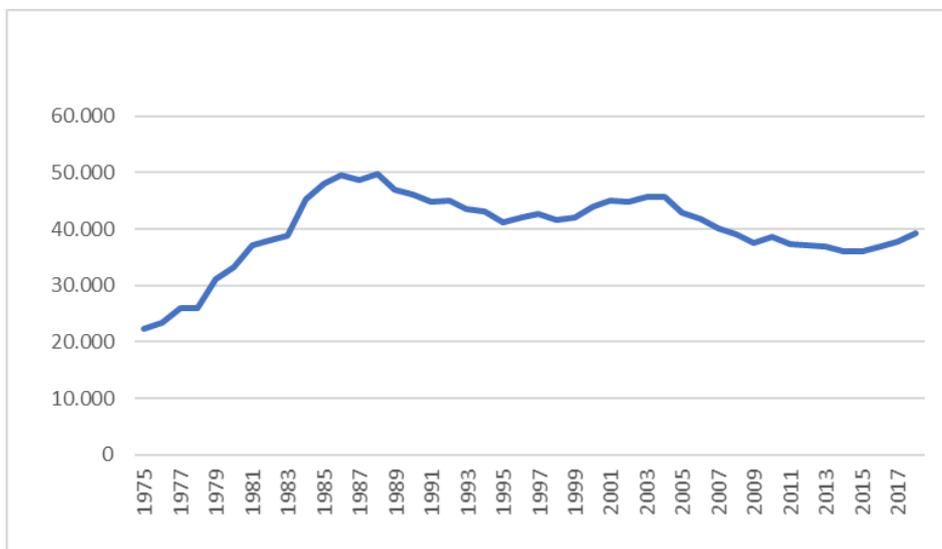


Figura 25. Evolución de la superficie de limonero (ha)

La producción de limón en plantación conoce oscilaciones anuales importantes. Como los demás frutales o cítricos, existe también una producción en árboles aislados, cuyo volumen es, del mismo modo, recogido en la estadística agraria. Esa cantidad, que a comienzos del período estudiado ya era sumamente pequeña (del orden del 3 o 4%), ha disminuido hasta la irrelevancia (menos del 1%). Y presumiblemente volcado al autoconsumo, sin alcanzar los circuitos comerciales. Es de considerar también que el limón, como otros cítricos, solo se produce de manera significativa en secano (Figura 26).

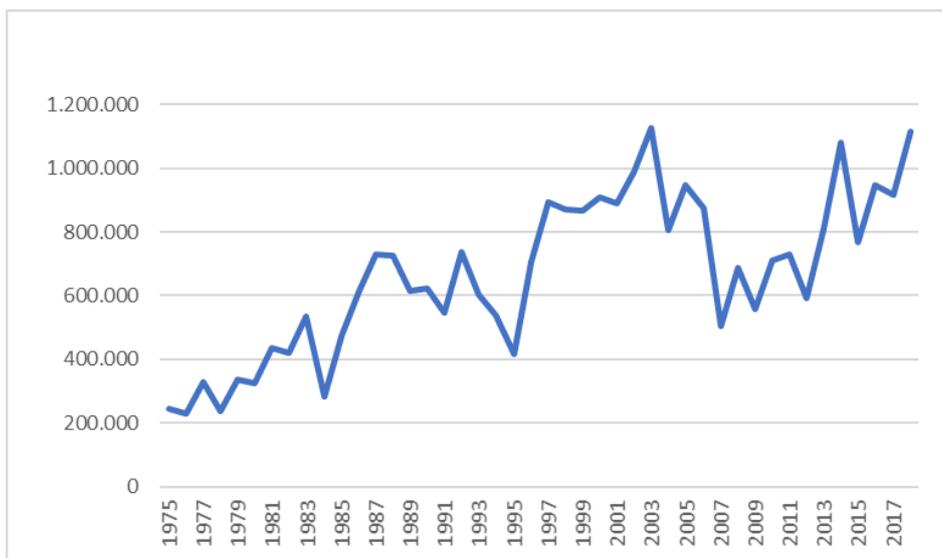


Figura 26. Evolución del rendimiento de limón (kg/ha)

Considerando la producción en plantación, esta asciende constantemente entre 1975 y 2003, mostrando no obstante oscilaciones violentas año tras año. Desde las 200.000 t al comienzo del

1. Panorama general

período hasta un pico de 1.100.000 t. Entre 2004 y 2007 se produce una disminución rápida de la producción, que se detiene en la mitad del valor del pico (600.000t). Se produce en base a una combinación de disminución de la superficie y de rendimientos.

A partir de 2007 comienza la recuperación de la producción, que acompañada de altibajos vuelve a situarse sobre las 1.100.00 t en 2018.

1.2.6. Uva para vinificación

La uva para vinificación admite ambas modalidades productivas, regadío y secano. El secano ha sido la forma de producción tradicional, y esto se refleja en la evolución de la superficie. Actualmente la superficie de secano casi triplica aun a la de regadío (Figura 27).

La evolución de la superficie total es marcadamente negativa, habiéndose perdido el 20% de la superficie desde 2006 a la fecha. El impulsor principal de este descenso es la superficie de secano. La superficie bajo riego es levemente ascendente, pero ese incremento es insuficiente para compensar la pérdida del secano, que se aproxima a las 250.000 ha.

La producción total de uva para vinificación presenta un panorama distinto al de la superficie. Se mantiene estable alrededor de las 6.000.000 t, con considerables oscilaciones. Un período de descenso (2006 – 2012), en el cual se pierde casi un 1.000.000 t de producto es sucedido por un abrupto incremento en 2012, para luego volver a estabilizarse alrededor de ese valor de 6.000.000 t (Figura 28).

Ese desarrollo de la producción total reproduce, a grandes rasgos, las variaciones de la producción en secano. Aunque el aporte de las áreas bajo regadío es creciente, y actúa como amortiguador de las oscilaciones más fuertes del secano. En el último año bajo observación (2017/18) se produce un incremento sensible de la cantidad producida, impulsado por ambas modalidades.

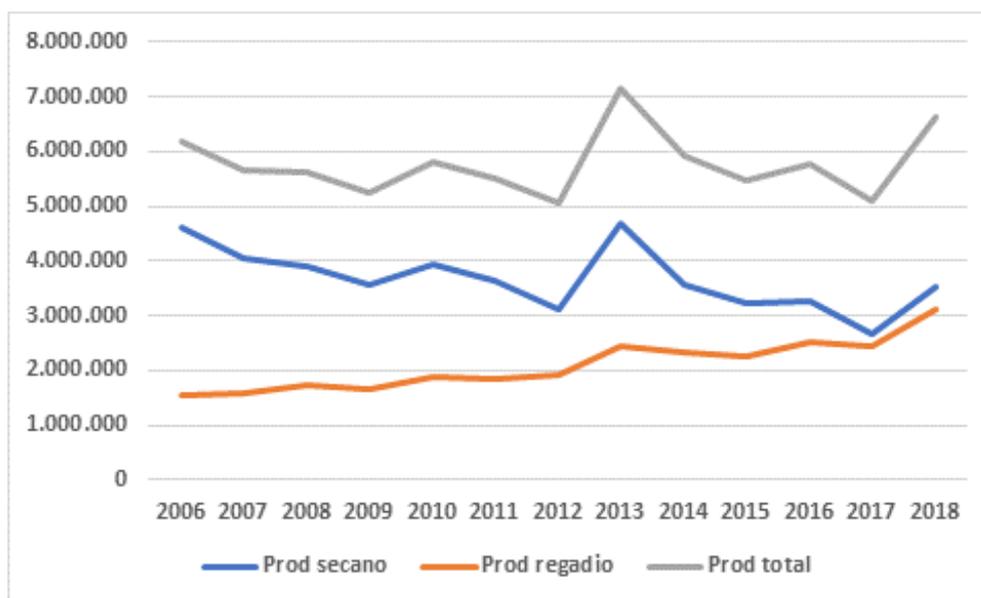


Figura 27. Evolución de la superficie de uva para vinificación (t)

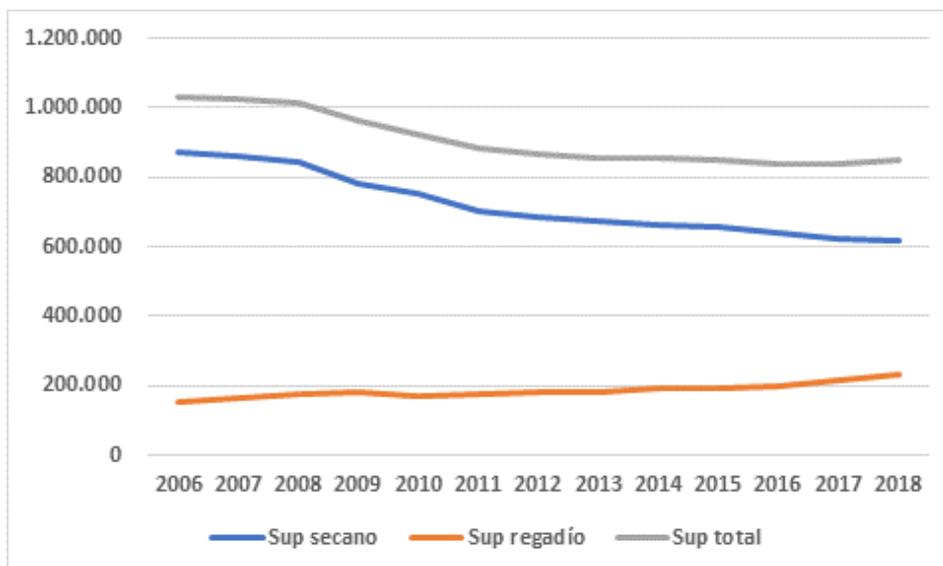


Figura 28. Evolución del rendimiento de uva para vinificación (kg/ha)

1.2.7. Aceituna de almazara

La evolución de la superficie de aceituna de almazara no presenta demasiadas alteraciones. La superficie total se mantiene alrededor de las 2.230.000/2.250.000 ha. Entre los años 2011/12 se produce una sustitución parcial de superficie de seco por regadío. Aunque del punto de vista de la superficie ocupada, el regadío llega al tercio del seco. A partir de 2014 se comprueba también un cierto retroceso del regadío (Figura 29).

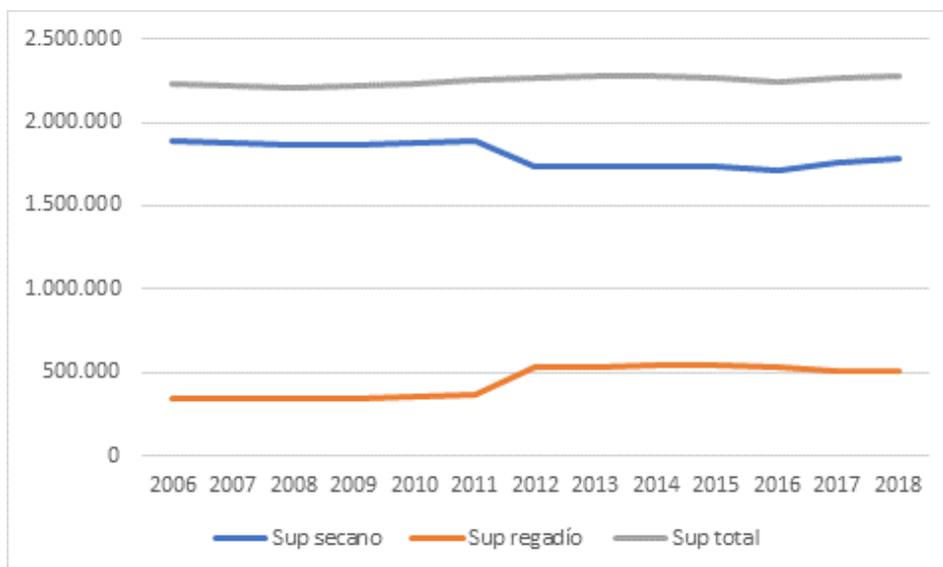


Figura 29. Evolución de la superficie de aceituna de almazara (ha)

Las alteraciones de la producción contrastan con la evolución constante de la superficie. Tanto la producción total como la de ambas modalidades de cultivo – regadío y seco – se desarrollan paralelamente. No hay una compensación entre el regadío y el seco que amortigüe las oscilaciones de la producción total, sino que ambas se apoyan entre sí (Figura 30).

Los altibajos de producción que se producen entre los años 2011 y 2014 son realmente espectaculares, y han sido acompañados por una importante crisis del sector. La estabilización de 2015/17 ha sido transitoria; en 2018 la producción total vuelve a incrementarse rápidamente,

1. Panorama general

de seis a nueve millones de toneladas. Pero sin constituir una tendencia. De acuerdo con datos provisionales posteriores, en 2019 la producción vuelve a caer hasta unas 5.500.000 t. Solo para volver a crecer hasta 7.800.000 t en 2020.

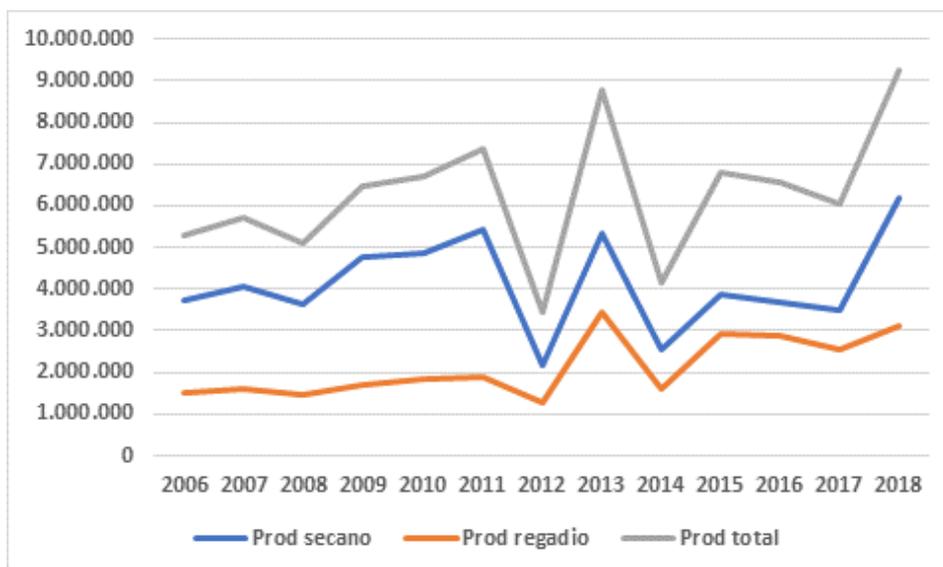


Figura 30. Evolución de la producción de aceituna de almazara (t)

2. Distribución regional de la producción y su evolución

2.1. Estudio de la regionalización de los cultivos

La producción agraria se localiza en el espacio físico. Es necesario establecer con cierta precisión dónde esa producción tiene lugar, a fin de afinar los hechos constatados en el capítulo anterior.

Para ello, se han tomado, para los cultivos analizados, tres “instantáneas” temporales. Tomando como indicador de esa presencia la productividad física de los cultivos claves. Los mismos cuya evolución nacional fue analizada al detalle en el capítulo 2. Cronológicamente, el año 1982 – claramente antes del ingreso a la entonces Comunidad Económica Europea -, luego el 2002 – con la Política Agraria Común PAC casi dos décadas funcionando -, y finalmente el último año sobre el que tenemos registros estadísticos completos – el 2018, Anuario de Estadística Agraria. La información básica surge de esa fuente, ha sido adaptada y representada gráficamente para este trabajo.

En aras de la claridad, para la representación gráfica se ha elegido la comunidad autónoma como unidad geográfica sobre la cual medir. Una apreciación más fina, a nivel de provincia, se realiza en los comentarios respectivos.

2.1.1. Distribución geográfica del cultivo del pimiento

En el año 1982 este cultivo, con un total de 579.423 t producidas, presentaba su mayor volumen en Andalucía (35%). Seguido por un 13 % en Castilla-La Mancha. No obstante, el cultivo tiene una distribución amplia en el territorio nacional, con un 28% localizado en Comunidades que no reúnen porcentajes importantes (Figura 31).

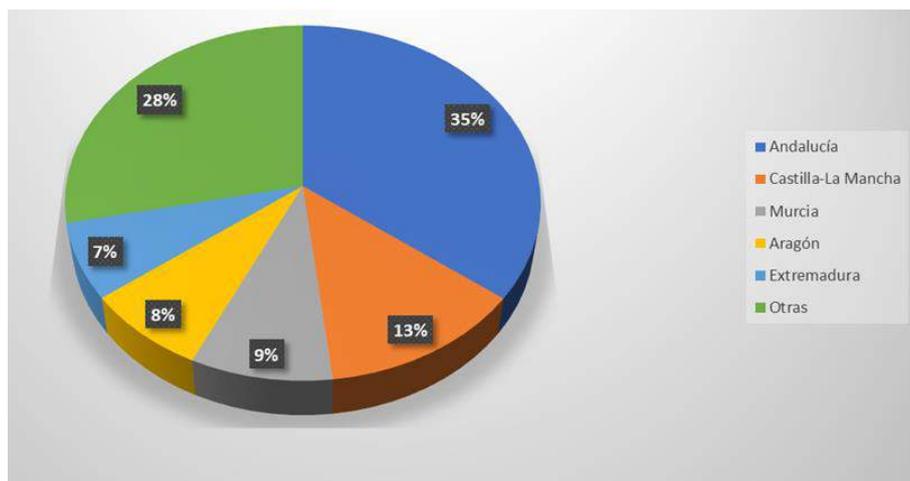


Figura 31. Distribución geográfica del pimiento en 1982

Dentro de Andalucía, la gran concentración se producía en Almería (135.000t), seguida a la distancia por las provincias de Granada y Málaga con 20.000 t cada una.

La segunda comunidad productora de importancia en ese año fue Castilla – La Mancha, con 56.780 t en Toledo y 11.500 t en Ciudad Real. Murcia, Aragón y Extremadura presentan producciones algo menores, pero significativas.

En 2002 el panorama geográfico del cultivo ha variado radicalmente. (Figura 32).

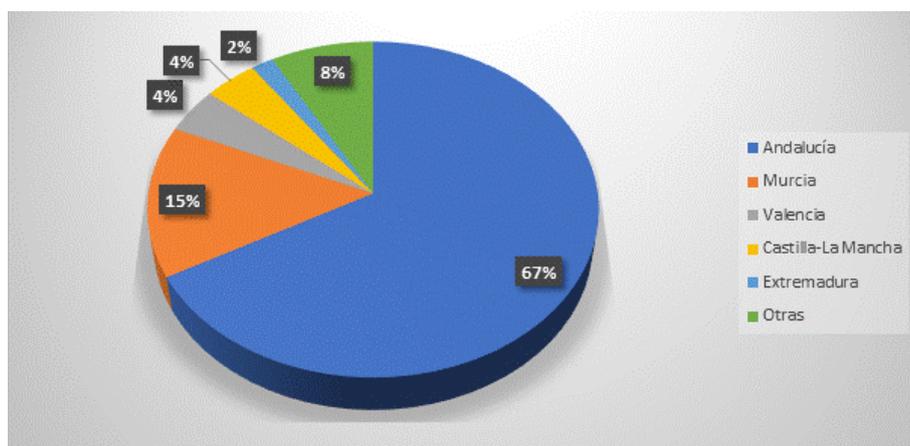


Figura 62. Distribución geográfica del pimiento en 2002

Andalucía ha duplicado el porcentaje de su producción. Sobre una cantidad total que también prácticamente se ha duplicado, desde 580.000 t hasta 1.052.515 t.

Castilla – La Mancha ha perdido posiciones, tanto absolutas como en porcentaje. En ese año solo reúne el 4% de la “torta”. Murcia triplica su presencia, y Valencia aparece entre las cinco primeras productoras con 46.000 t. Notable es que “otras” regiones – por detrás de las cinco primeras han pasado de reunir el 28% del producto a solo el 8%. Lo que indica una fuerte concentración de la producción en las cinco regiones más importantes.

Según las últimas estadísticas oficiales disponibles⁸, la producción de pimiento ha seguido aumentando (1.271.730 t), y Andalucía mantiene su participación con 66%. Murcia pierde dos

⁸ Anuario de Estadística Agraria 2019, datos de 2018

1. Panorama general

puntos porcentuales – hasta el 13%. Galicia aparece entre las “pequeñas” productoras con 5% (Figura 33).

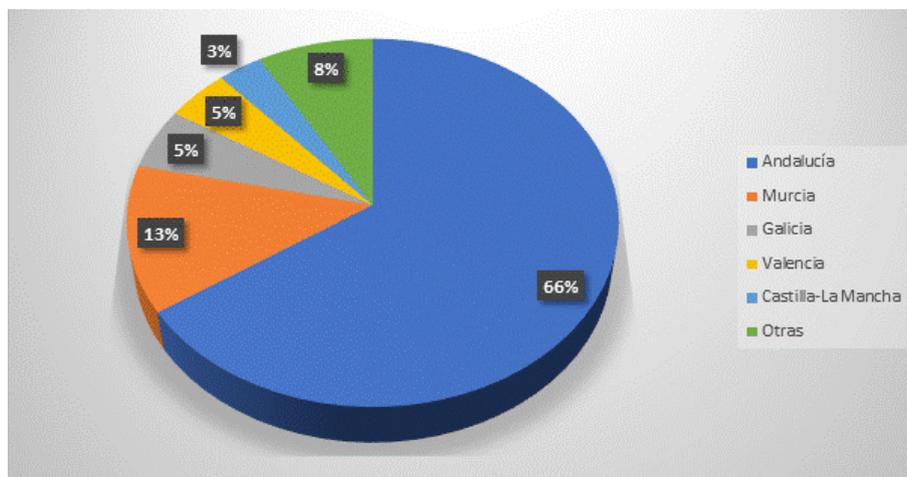


Figura 33. Distribución geográfica del pimiento en 2018

De las 834.000 t producidas en Andalucía, 733.000 se hallan en Almería, y 45.000 en Granada. Murcia, comunidad autónoma monoprovincial, produce 164.000 t.

2.1.2. Distribución geográfica del cultivo de pepino

El pepino ha aumentado su producción sensiblemente durante el período estudiado. Desde unas 275.000 t hasta casi 635.000 en 2018.

Al comienzo de este período, si bien Andalucía concentraba 58% de la producción, Castilla – La Mancha agregaba un respetable 17%, y Murcia otro 11% (Figura 34).

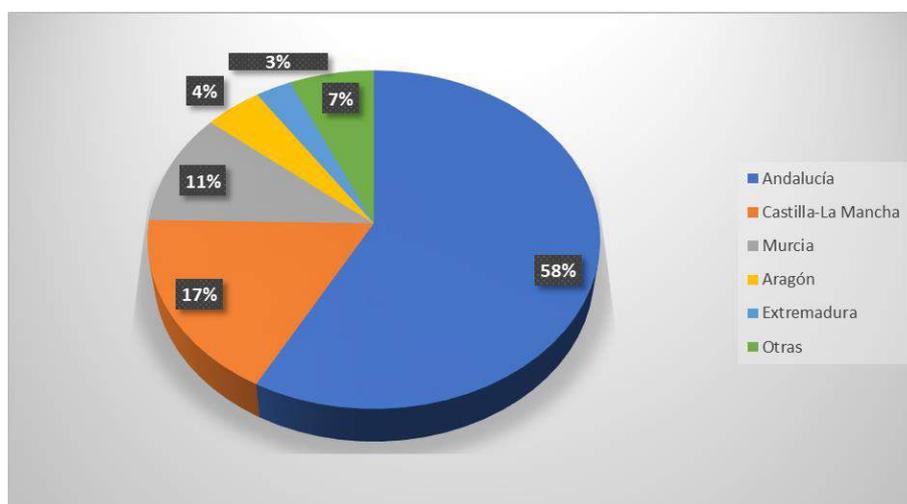


Figura 34. Distribución geográfica del pepino en 1982

Los datos de 2002 nos muestran una distribución absolutamente modificada. Andalucía controla el 90% de la producción, siendo las otras regiones prácticamente irrelevantes.

Dentro de Andalucía, que envía al mercado en ese año 458.000 t, las principales provincias productoras son Almería (262.000 t), Granada (152.900 t) y Málaga (30.500 t) (Figura 35).

En 2018, esta distribución de la producción apenas ha sufrido modificaciones. Andalucía, con un 87% continúa dominando absolutamente la producción (Figura 36).

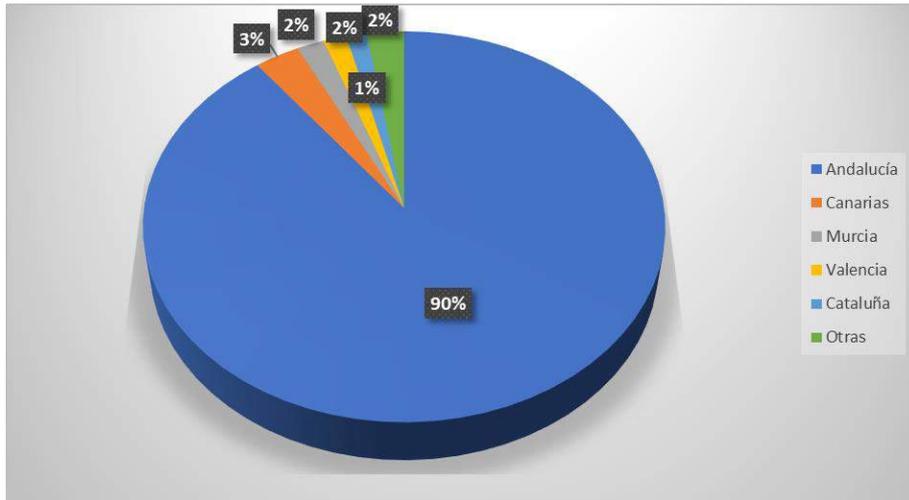


Figura 35. Distribución geográfica del pepino en 2002

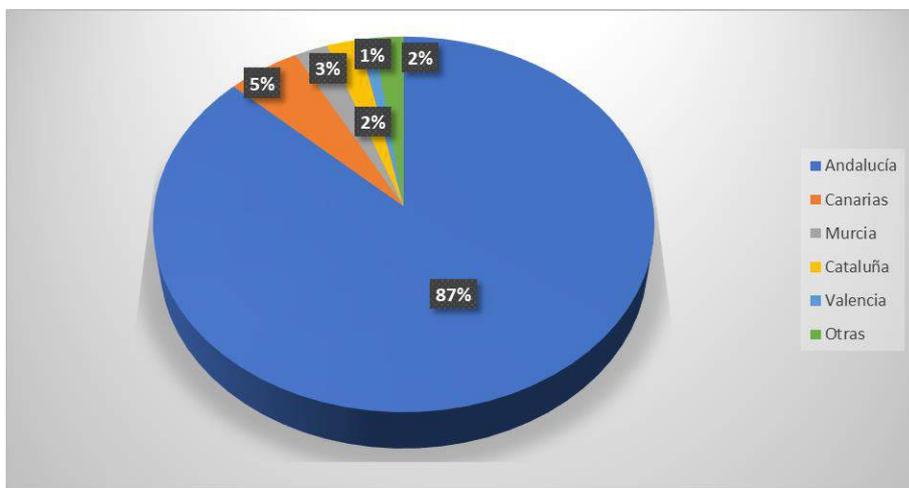


Figura 36. Distribución geográfica del pepino en 2018.

2.1.3. Distribución geográfica del cultivo de la sandía

La sandía es un cultivo que también experimenta un fuerte crecimiento entre 1982 y 2018. Desde unas 553.000 t hasta 1.092.000 t a nivel nacional

En 1982 Andalucía producía el 47% de esas 553.000 t, seguida por Castilla – La Mancha con un 30% (Figura 37). Almería era la provincia máxima productora de sandía en Andalucía, enviando al mercado 157.000 de las 259.500 t de sandía andaluza. Y 25.000 t de las 35.700 de las castellano-manchegas se producían en Toledo.

La fracción dominante de Andalucía se muestra relativamente estable, creciendo desde 48 % en 1982 hasta 2018 – Figuras 37 a 39. En Andalucía la provincia con más producción es Almería.

En 2002 se producen cambios importantes en la geografía de cultivo de la sandía. Andalucía (48% de una producción creciente) siguen dominando, pero Castilla- La Mancha produce ahora solo un 4%. El segundo lugar es ocupado por Valencia y el tercero por Murcia (23 y 16%, respectivamente, (Figura 38).

En el tercer escenario (2018), Andalucía consolida su liderazgo con el 55%. Pero Murcia desplaza a Valencia en el segundo sitio (18%, 199.000 t, y Castilla – La Mancha cubre el 16% de la

1. Panorama general

producción, en tercer lugar. Aunque en este último año el peso de la producción se desplaza de Toledo a Ciudad Real (Figura 39).

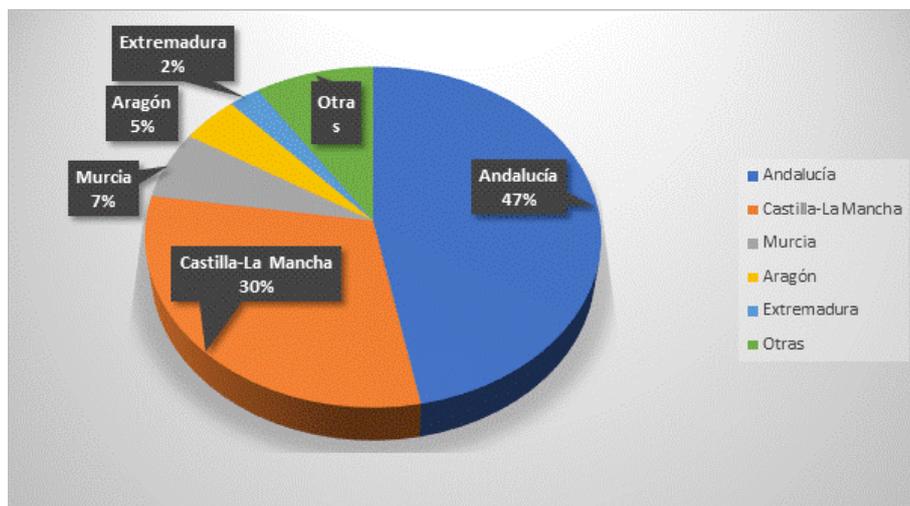


Figura 37. Distribución geográfica de la sandía en 1982

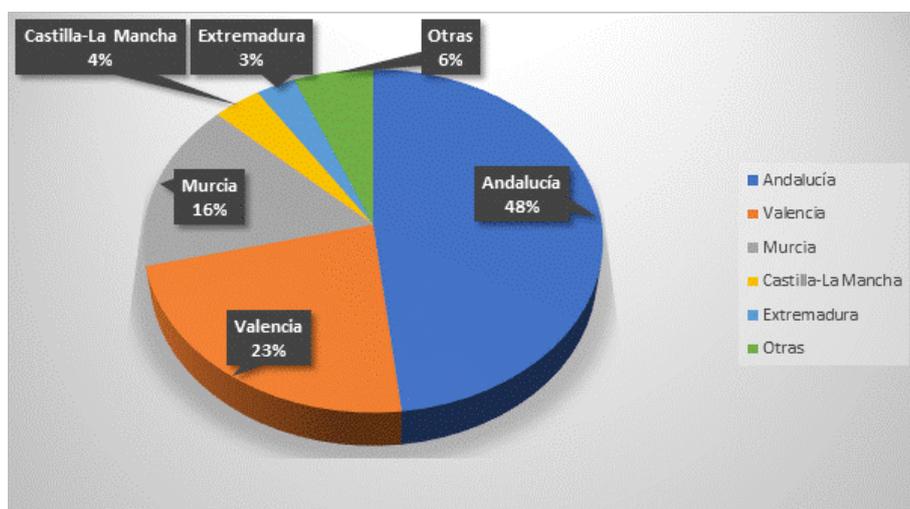


Figura 38. Distribución geográfica de la sandía en 2002

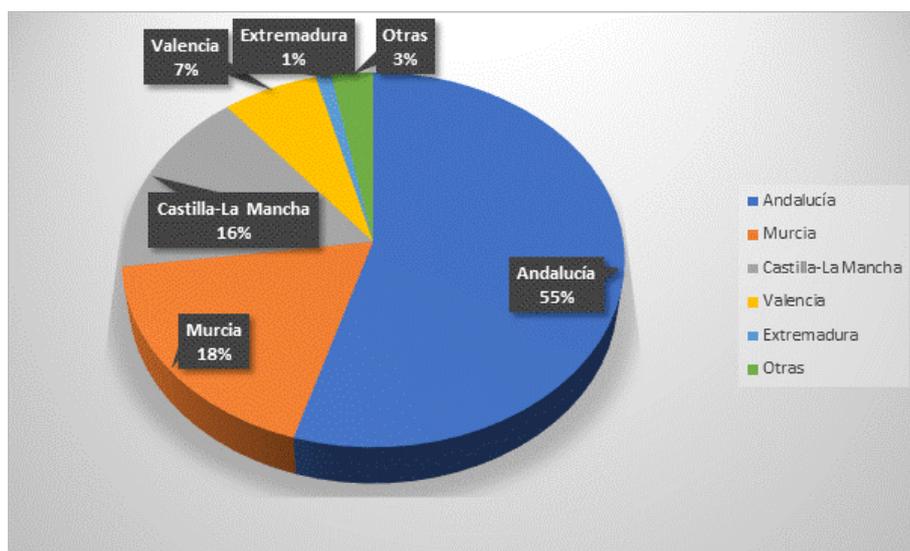


Figura 39. Distribución geográfica de la sandía en 2018

2.1.4. Distribución geográfica del cultivo de la fresa

En 1982, las cuatro regiones más importantes en la producción de fresa eran Valencia, Andalucía, Cataluña y Galicia, que contribuían con el 95% del total de la producción (Figura 40). En la Comunidad de Valencia la producción se concentraba en la provincia homónima, y en Andalucía las provincias productoras eran Huelva y Málaga y en Castilla- La Mancha. De las 16.000 t de Cataluña, más de 14.000 se producían en Barcelona.

En el año 2002 la producción de fresa en España se ha revolucionado totalmente. El 92 % de la producción nacional (261.235 t) se obtienen en Andalucía – y prácticamente toda en la provincia de Huelva. El resto de las regiones son irrelevantes para esta producción (Figura 41).

En 2018 se ha acentuado aún más esta tendencia. La producción total de fresa española se ha incrementado hasta las 344.500 t, y el 97% de esa cantidad se produce en Andalucía/Huelva (Figura 42).

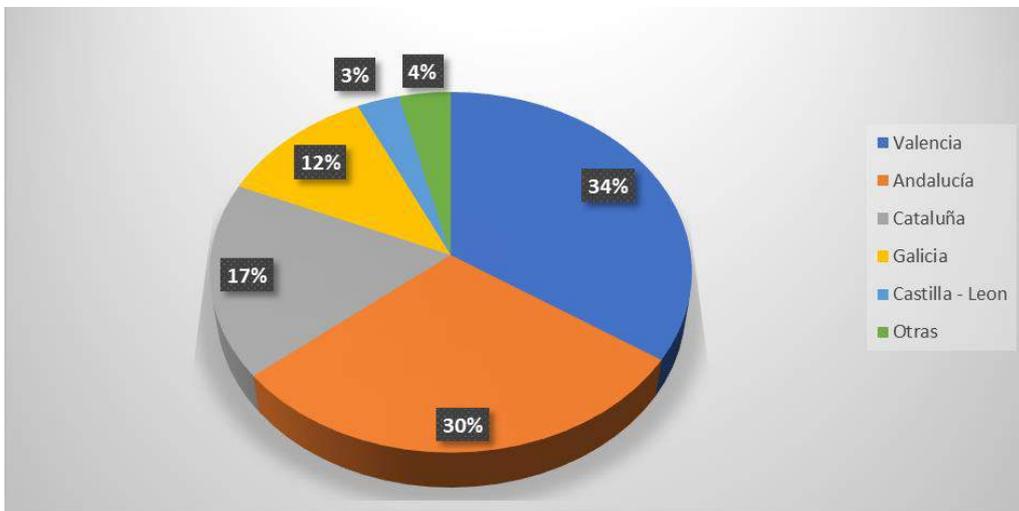


Figura 40. Distribución geográfica del cultivo de la fresa en 1982

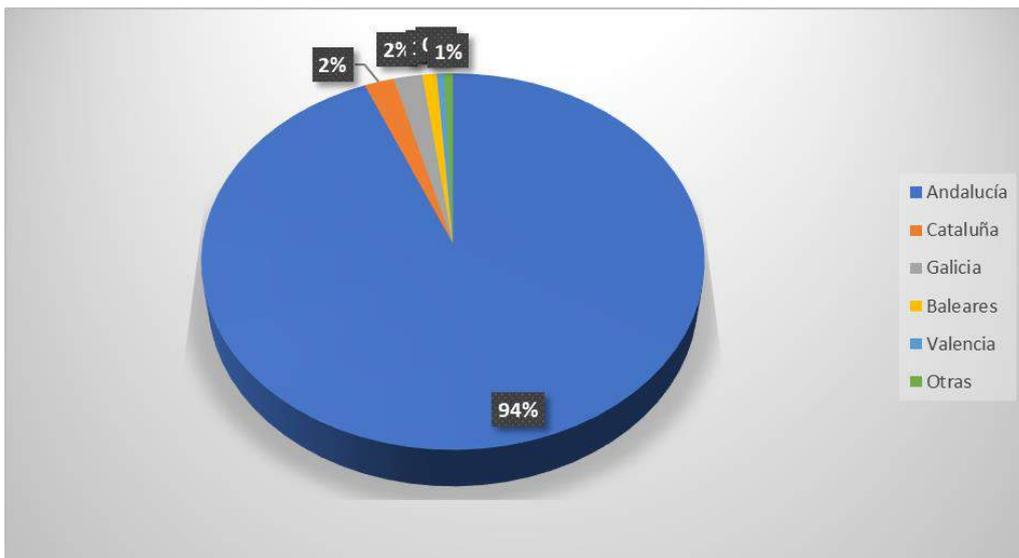


Figura 41. Distribución geográfica del cultivo de la fresa en 2002

1. Panorama general

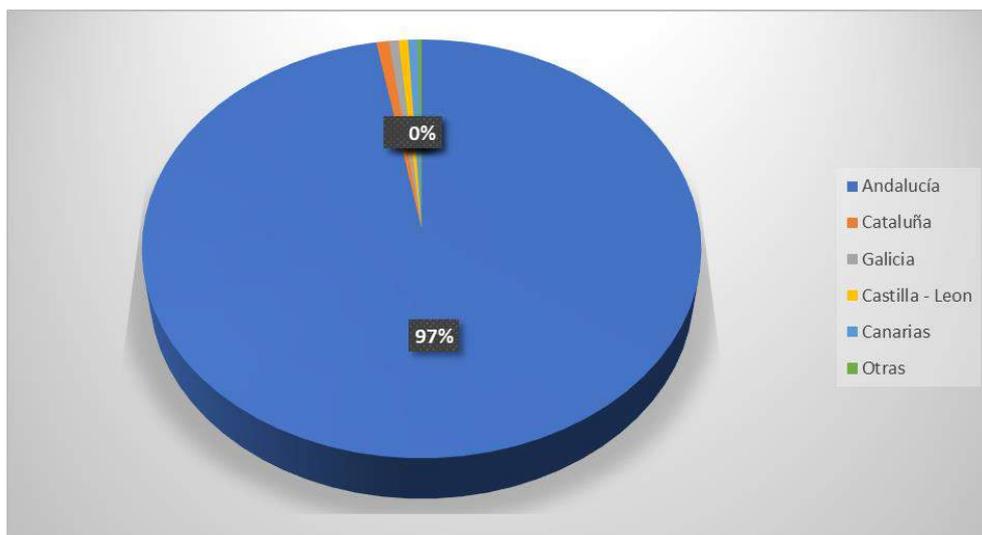


Figura 42. Distribución geográfica del cultivo de la fresa en 2018

2.1.5. Distribución geográfica de la producción de tomate

En el estudio de la distribución geográfica de la producción de tomate se consideran de forma conjunta tanto el producto para consumo en fresco como para industrialización. La producción total de tomate ha crecido en este período desde 2.257.000 t hasta 4.769.000 t aproximadamente.

En 1982, la producción de tomate estaba distribuida de forma relativamente homogénea en el territorio español. Las cinco principales regiones productoras sumaban un 75%, con “otras” con una fracción importante del 25%. Dominante era Andalucía, con 36% de lo producido, seguida de Extremadura con un 32%. Murcia y Canarias contribuían con porcentajes menores, de 6% y 8% (Figura 43).

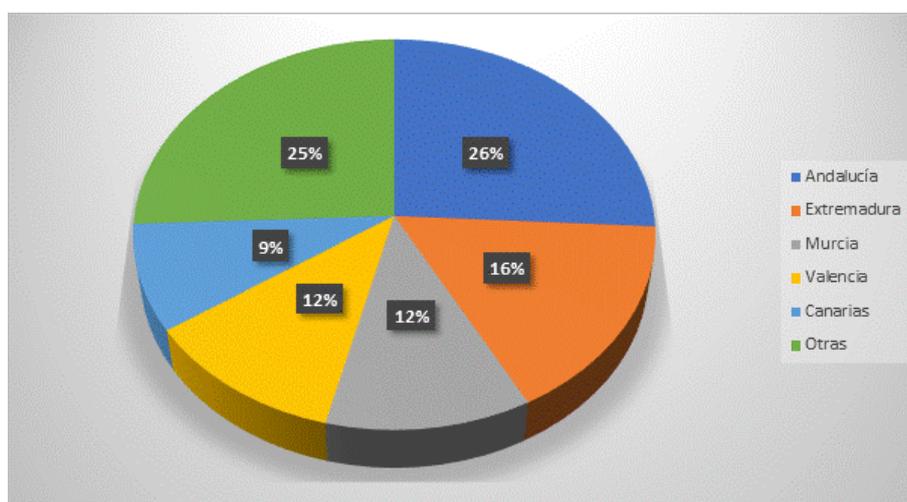


Figura 43. Distribución geográfica del cultivo del tomate en 1982

En Andalucía, Almería aportaba la mayor cantidad de tomate – una característica que se ha mantenido a través de todo el período estudiado. Le seguía Málaga con 100.000 t. En Extremadura la gran productora era Badajoz.

En 2002 tanto Andalucía como Extremadura consolidan su posición de grandes tomateras, pasando a aportar el 36% y el 32% de casi 4.000.000 de toneladas respectivamente. Las demás

pierden importancia, desapareciendo Valencia, por ejemplo, del grupo de las cinco primeras comunidades productoras (Figura 44).

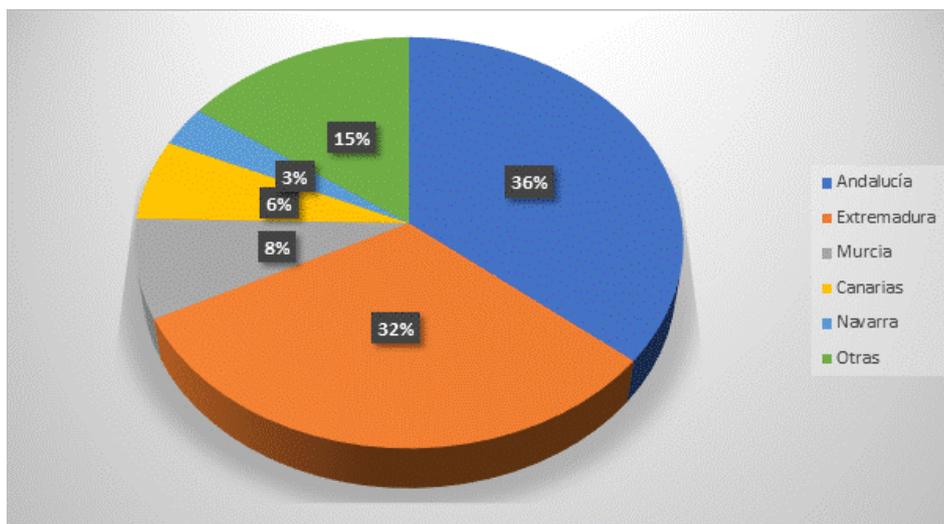


Figura 44. Distribución geográfica del cultivo del ajo en 2002

Como provincia individual Badajoz es la más productiva, con un total de 1.092.000 t. Frente a las 807.000 de Almería. Es de indicar que en la provincia extremeña la producción es mayoritariamente de tomate para industrialización al aire libre, mientras que en Almería predomina el cultivo protegido para consumo en fresco.

En 2018 la producción de tomate continúa creciendo, alcanzando un total nacional de 4.768.595. Andalucía y Extremadura continúan concentrando producto. Un 41% cada una. El resto de las regiones productoras (Murcia, Navarra, Castilla – La Mancha) solo alcanzan porcentajes de una cifra (Figura 45).

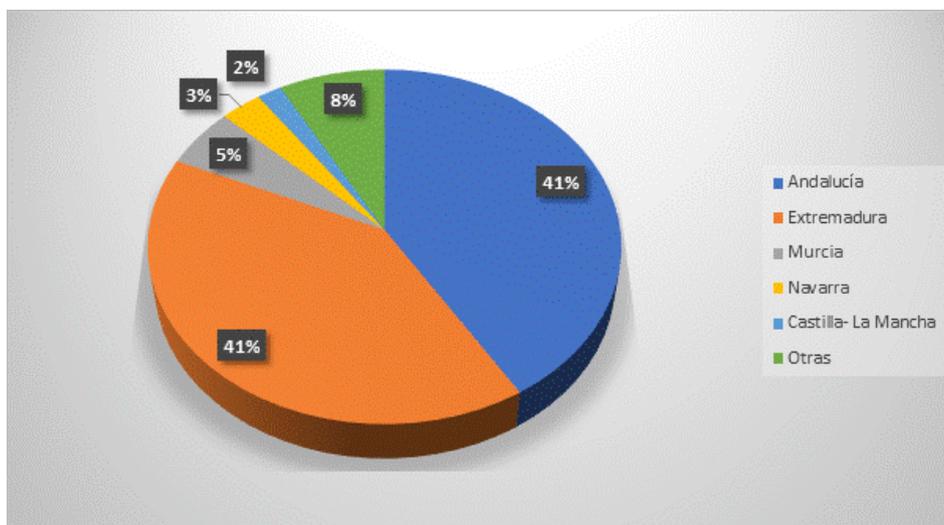


Figura 45. Distribución geográfica del cultivo del tomate en 2018

2.1.6. Distribución geográfica de la producción de patata

La patata es un cultivo que muestra un descenso constante de las cantidades producidas a lo largo de las tres “instantáneas” temporales analizadas. En 1982 se producían 5.200.000 t de patata. Algo más de la mitad de ellas (56 %) en tres regiones: Galicia, Castilla León y Andalucía.

1. Panorama general

El restante 44% distribuido en regiones menores y “otras”, con incidencias menores al 1%. En Galicia la mayor parte de la producción se concentra en Lugo; en Castilla-León en Burgos, Salamanca y Valladolid y en Andalucía, en Granada (Figura 46).

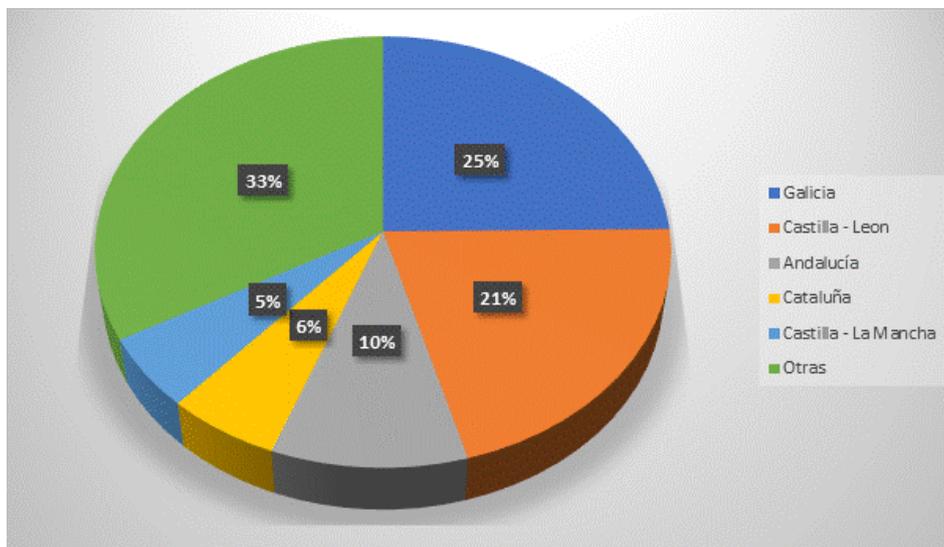


Figura 46. Distribución geográfica del cultivo de la patata en 1982

En 2002 se produce un descenso de la producción total. Castilla – León pasa a ser la región productora más importante (33%) mientras Andalucía incrementa su participación, llevándola del 10 al 17%, mientras Galicia desciende sensiblemente la suya, del 25 al 17%. De todas formas, la producción no es tan concentrada como en otros cultivos, con “otras” regiones acumulando el 24% de lo producido (Figura 47).

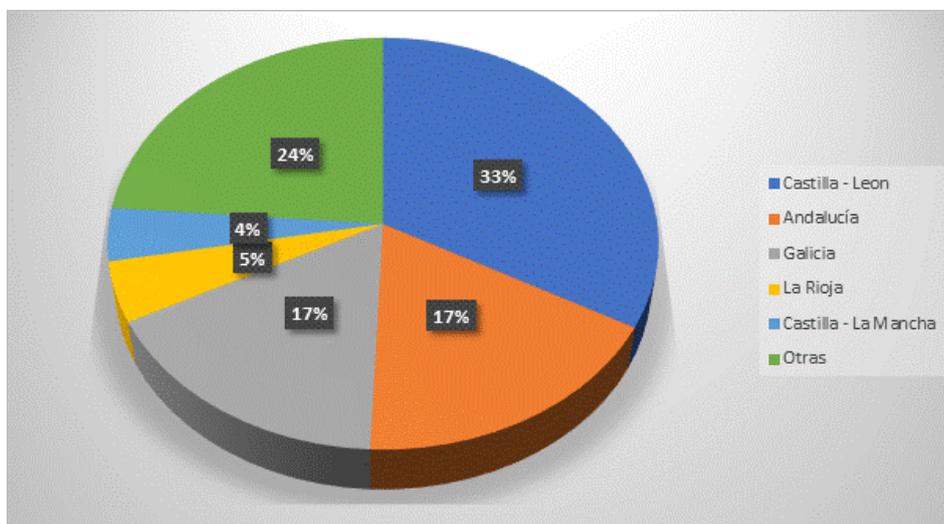


Figura 47. Distribución geográfica del cultivo de la patata en 2002

En 2018 se ha consolidado Castilla – León como gran región productora (40% del total, unas 810.000 t). Más de la mitad de ese tonelaje se concentra en Valladolid y Salamanca. En la segunda comunidad productora – Galicia – Ourense ha sustituido a Lugo como principal productora de patata. La participación de Andalucía y de “otras regiones” también ha disminuido porcentualmente (Figura 48).

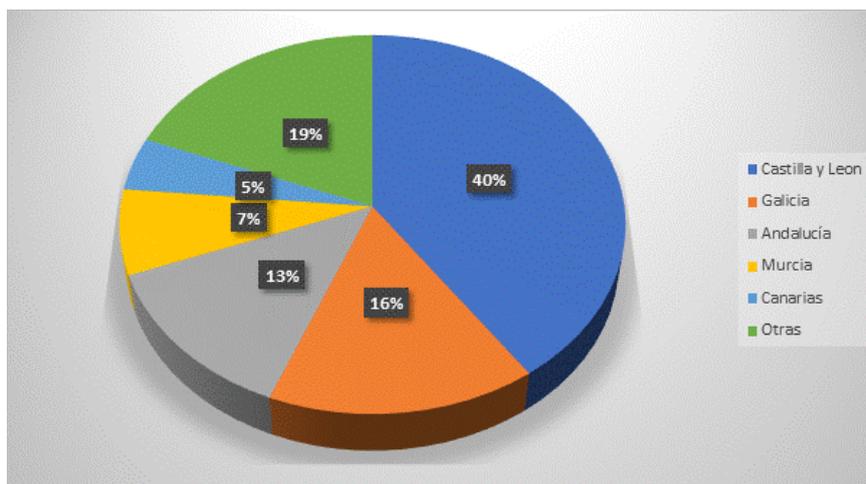


Figura 48. Distribución geográfica del cultivo de la patata en 2018

2.2. Regionalización de los cultivos frutales y cítricos

2.2.1. Distribución geográfica de la producción de melocotón

La producción de melocotón alcanzó su máximo alrededor del año 2000, para luego sufrir una caída y comenzar después una recuperación que parece estabilizarse en la actualidad. En 2018 la producción total ascendió a 904.000 t, descendiendo desde 1.275.400 en 2002.

En 1982 la producción mayoritaria se encontraba localizada en Cataluña (36%). Fracciones importantes de la producción se encuentran en Murcia (18%), Andalucía (15%) y Aragón (10%). Lleida es la principal provincia productora catalana. Sevilla y Almería lo son en Andalucía.

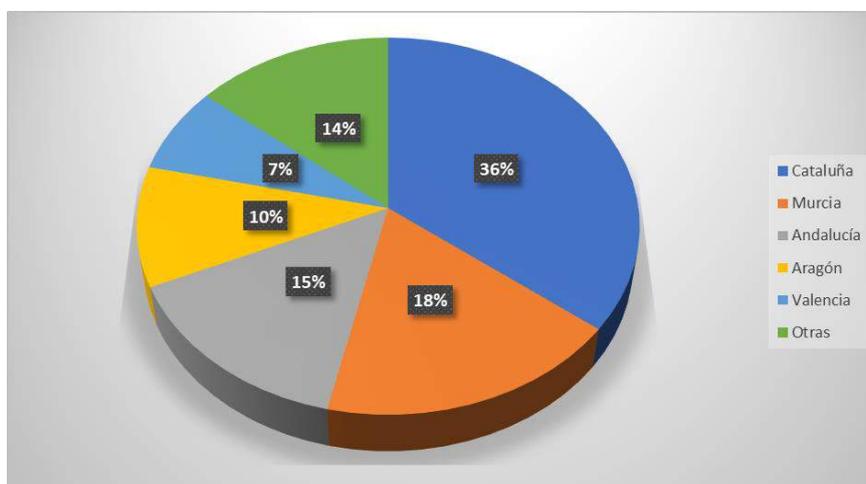


Figura 49. Distribución geográfica del cultivo de melocotón en 1982

En 2002 se producen cambios importantes en la producción de melocotón. La producción total se ha prácticamente triplicado, y Aragón es la región más productora con 24% del total. Principalmente en las provincias de Zaragoza y Huesca. Murcia mantiene el segundo puesto, pero con una proporción mayor. Y Cataluña se ha visto relegada al tercer puesto, pasando de un 36% de la producción a "solo" el 20%. Siendo siempre Lleida la provincia más productiva.

En 2018 Aragón continúa siendo la comunidad más productora, seguida ahora por Cataluña, relegando a Murcia al tercer lugar. Estas tres regiones reúnen el 75 % de la producción, siendo las demás de significado marginal.

1. Panorama general

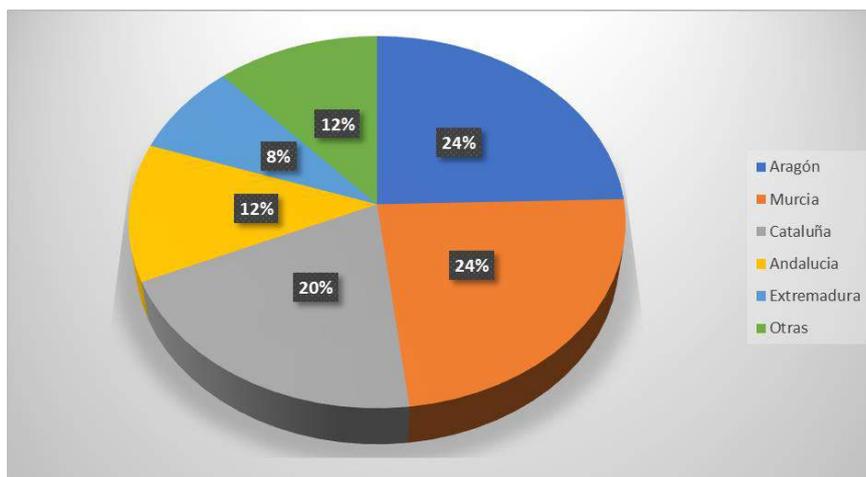


Figura 50. Distribución geográfica del cultivo de melocotón en 2002

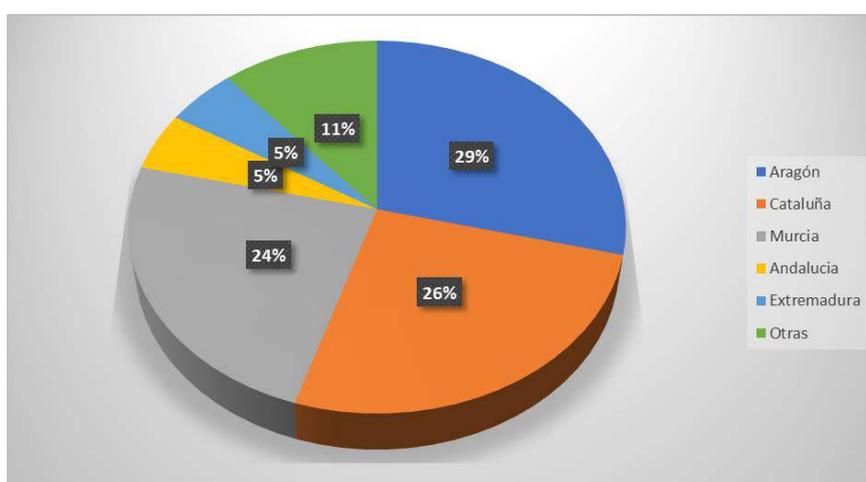


Figura 51. Distribución geográfica del cultivo de melocotón en 2018

2.2.2. Distribución geográfica de la producción de manzana

La producción de manzano y de otros frutales, al estar ligada a un cultivo permanente – el árbol – tiene una estabilidad mayor que la de cultivos herbáceos. Las tendencias se manifiestan cuando las “instantáneas” se hacen espaciadas, como en el presente estudio.

La producción nacional de manzano ha ido disminuyendo a lo largo de todo el período. Desde unas 890.000 t hasta 563.000 t en 2018.

En el primer año considerado Cataluña y Aragón dominaban la producción, con 44% y 14% de la misma, respectivamente (Figura 52). Un 23% se localiza en “otras” regiones, lo que nos habla de que la misma está distribuida de forma bastante uniforme en todo el territorio.

En 2002 Cataluña continúa siendo la comunidad autónoma con más manzana, pero su fracción de la producción nacional ha disminuido del 44% al 38%. Simultáneamente la fracción de Aragón ha crecido de forma importante, del 14% al 28%. Galicia y La Rioja han aparecido con producciones significativas, desplazando a Valencia y Andalucía de entre las cinco primeras. La concentración es mayor, dado que las “otras” áreas productivas han retraído su contribución a la mitad (Figura 53).

1.1. Evolución de producción, productividad y destino del producto hortícola español

En 2018 Cataluña ha consolidado su posición como área productora de manzana alcanzando el 48% del total nacional. Esta región, en realidad, mantiene su tonelaje, frente a una producción total que disminuye (Figura 54).

Galicia también ha aumentado su producción en unas 7.000 t, lo que le permite pasar a ser la segunda en porcentaje del total (18%). Aragón pierde importancia, y Castilla – León la incrementa algo.

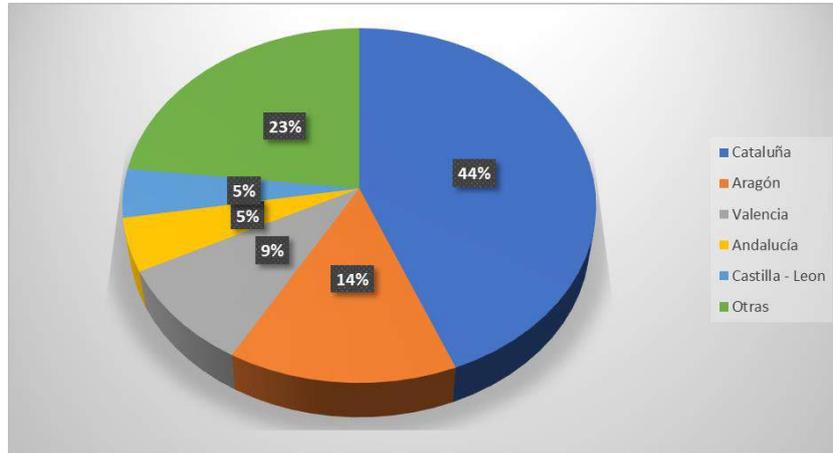


Figura 52. Distribución geográfica del cultivo de manzana en 1982

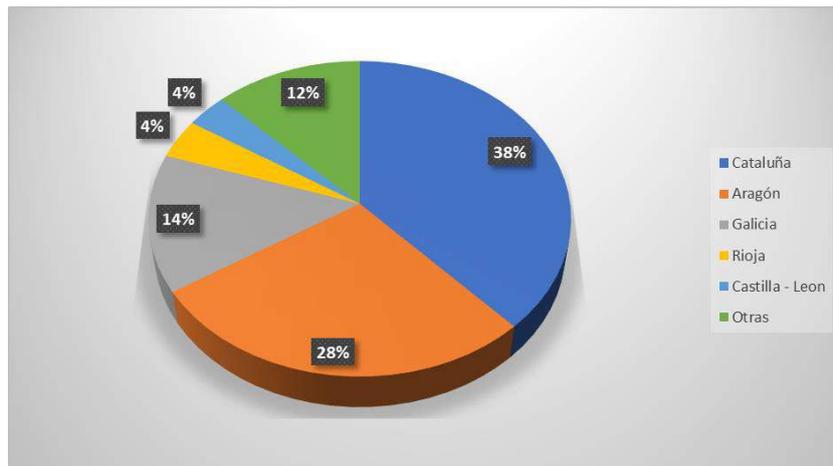


Figura 53. Distribución geográfica del cultivo de manzana en 2002

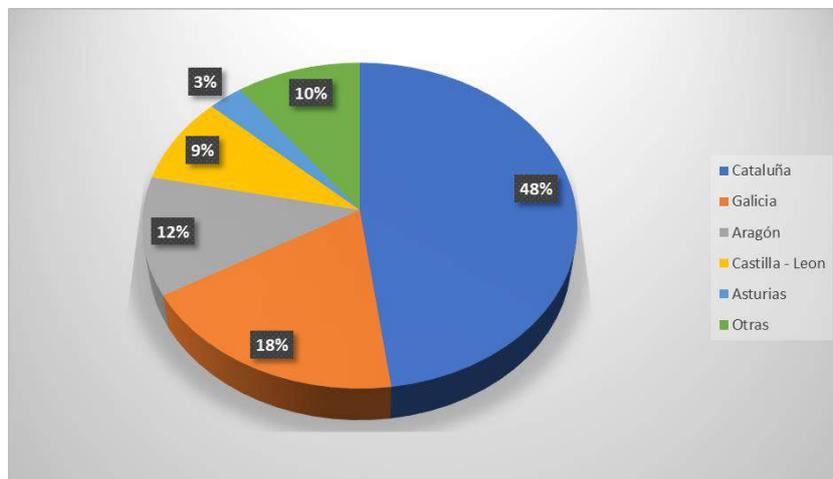


Figura 54. Distribución geográfica del cultivo de manzana en 2018

1. Panorama general

2.2.3. Distribución geográfica de la producción de naranja

La historia de la producción de naranja en España es una historia de continua expansión. En nuestro período de análisis esto se manifiesta con 1.687.000 t en 1982 hasta 3.908.750 t en 2018. Es también la historia de una continuada – aunque disminuyendo – dominación de la Comunidad valenciana como región productora. En 1982 el 78% de la naranja española se producía en Valencia. En 2018 solamente el 49% (Figuras 55 a 57).

Las gráficas también muestran el progresivo incremento de la producción en Andalucía, concentrada en la provincia de Huelva. Desde un 16% en la primera imagen del período, hasta el 46% de 2018.

En términos absolutos, el avance de Andalucía – Huelva se expresa de forma también impresionante, desde las 265.600 t de 1982 a las 1.784.500 de 2018.

Murcia aporta un 5% en 2018. Las restantes regiones muestran solo cifras residuales.

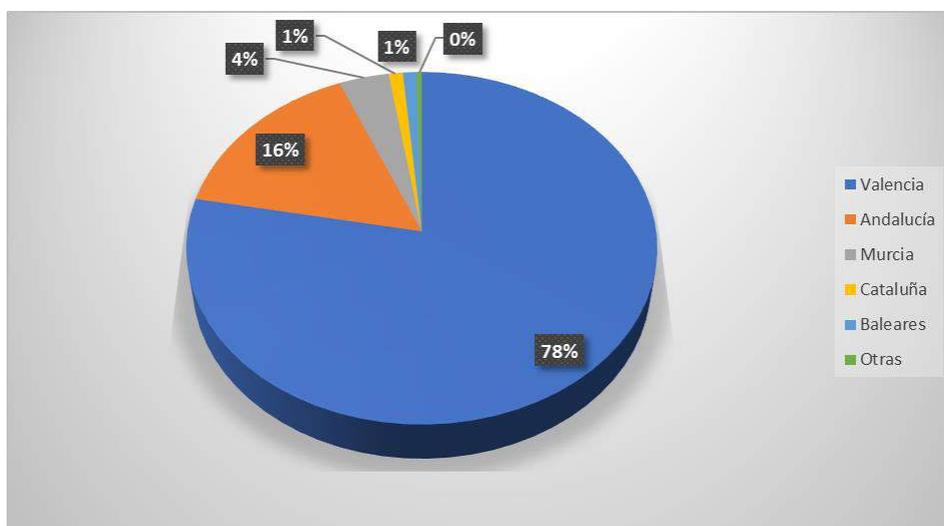


Figura 55. Distribución geográfica del cultivo de naranja en 1982

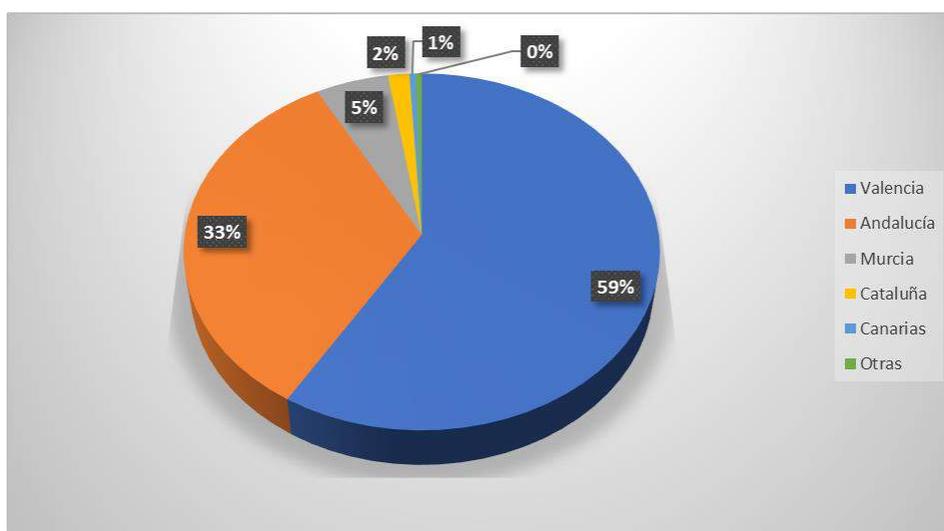


Figura 56. Distribución geográfica del cultivo de naranja en 2002

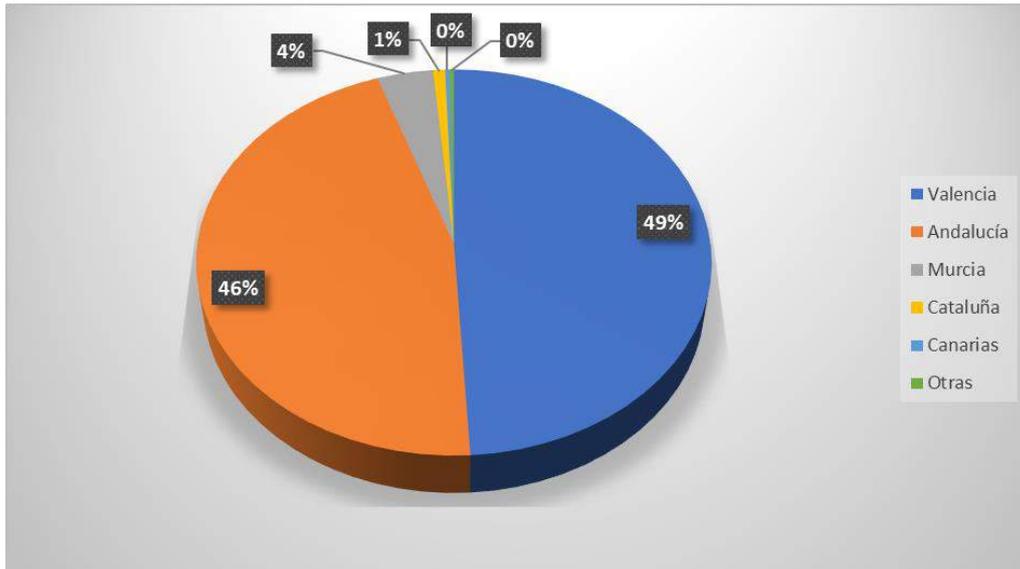


Figura 57. Distribución geográfica del cultivo de naranja en 2018

2.2.4. Distribución geográfica de la producción de mandarina

La localización regional de la producción de mandarina muestra un desarrollo similar al de la naranja. Aunque con una concentración en Valencia y Andalucía aún más señalada.

En 1982 prácticamente la totalidad de la producción de mandarina (91%) se localizaba en Valencia (Figura 58). Unos años más tarde (2002) ese porcentaje había disminuido algo – hasta 84% -, y el andaluz se había duplicado (8%; Figura 59).

Esa evolución continúa hasta la actualidad – 2018,-, con un notable descenso de la producción en la Comunidad Valenciana - hasta el 74% del total - y otra duplicación en Andalucía – 16%. Ello en el marco del gran incremento de las cifras totales de producción a lo largo de estos años (Figura 60).

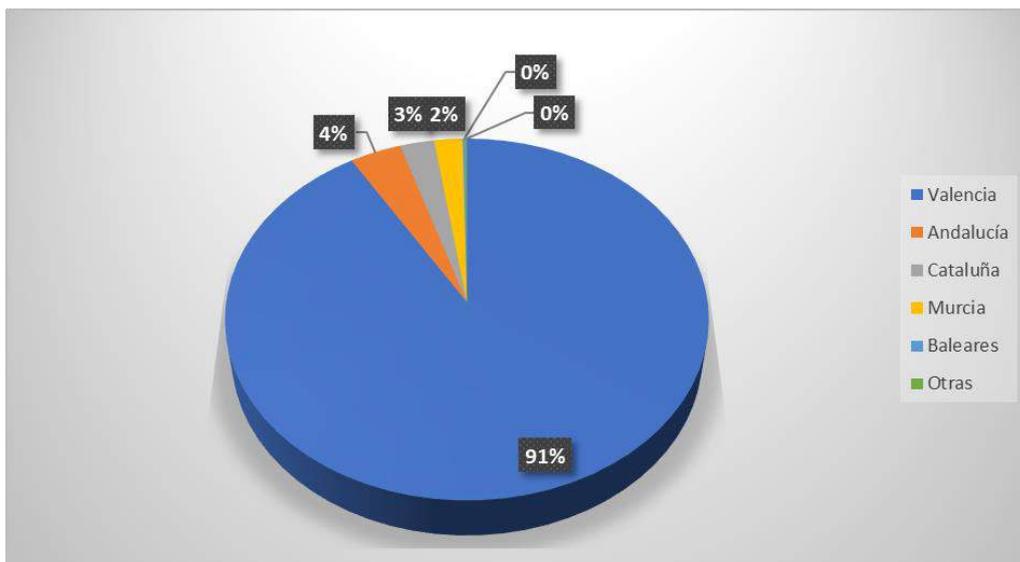


Figura 58. Distribución geográfica del cultivo de mandarina en 1982

1. Panorama general

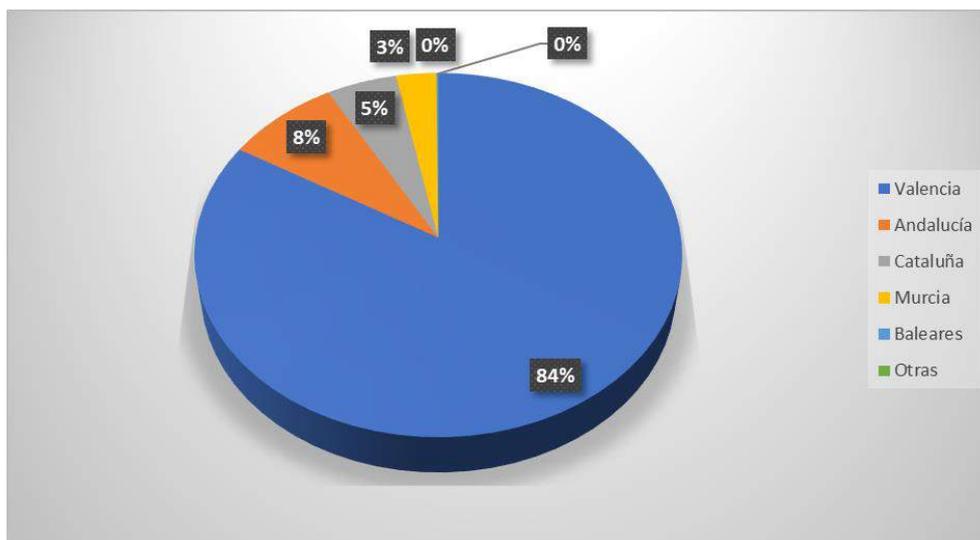


Figura 59. Distribución geográfica del cultivo de mandarina en 2002

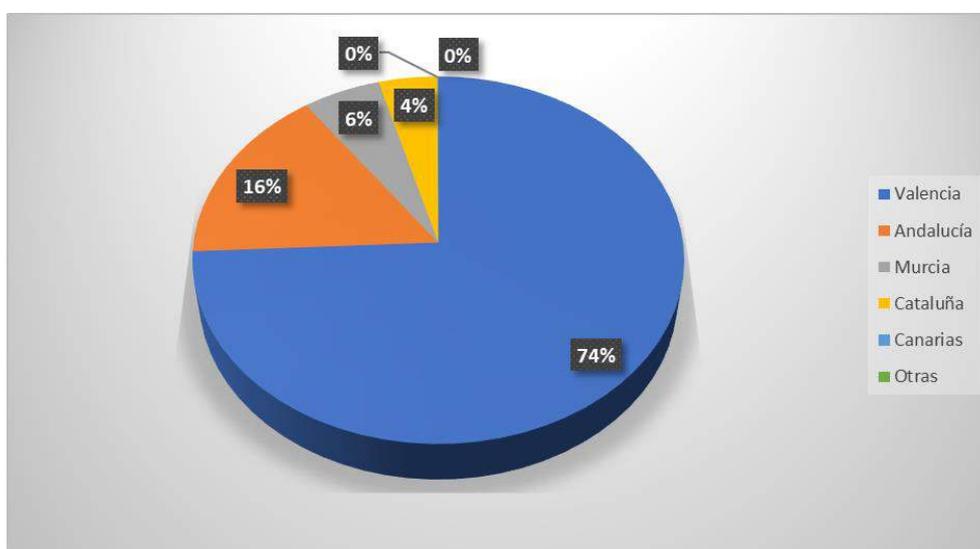


Figura 60. Distribución geográfica del cultivo de mandarina en 2022

2.2.5. Distribución geográfica de la producción de limón

La producción de limón también muestra un camino ascendente dentro del período considerado. Sufre un considerable retroceso entre 2004/11, que no se recoge en las tres “instantáneas” estudiadas. La tendencia general es, de todas formas, ascendente.

La región dominante – y de forma ascendente – es Murcia. En 1982 obtuvo el 40% de la producción de limón, seguida por Valencia – 37% - y Andalucía (20%). Esta última con concentración de la producción en la provincia de Málaga.

En 2002 Murcia extiende su importancia – 49% -, mientras Valencia y Andalucía experimentan leves retrocesos. Otras regiones carecen absolutamente de importancia para este cultivo.

En 2018 esta tendencia sigue consolidándose. Entonces la producción de limón murciana alcanza el 59%, y se siguen registrando algo de retroceso en Valencia y Andalucía, que caen al 29 y 11% respectivamente (Figura 63).

1.1. Evolución de producción, productividad y destino del producto hortícola español

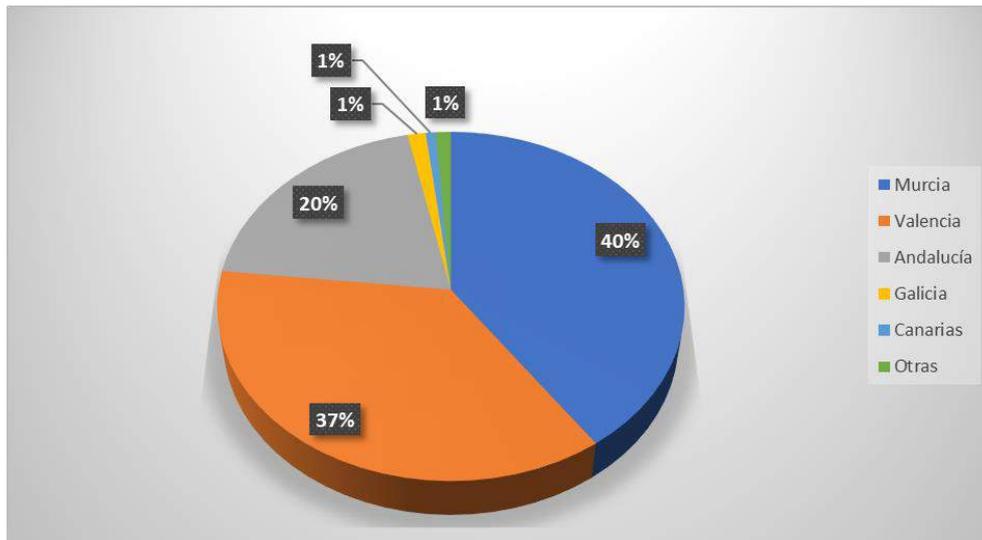


Figura 61. Distribución geográfica del cultivo de limón en 1982

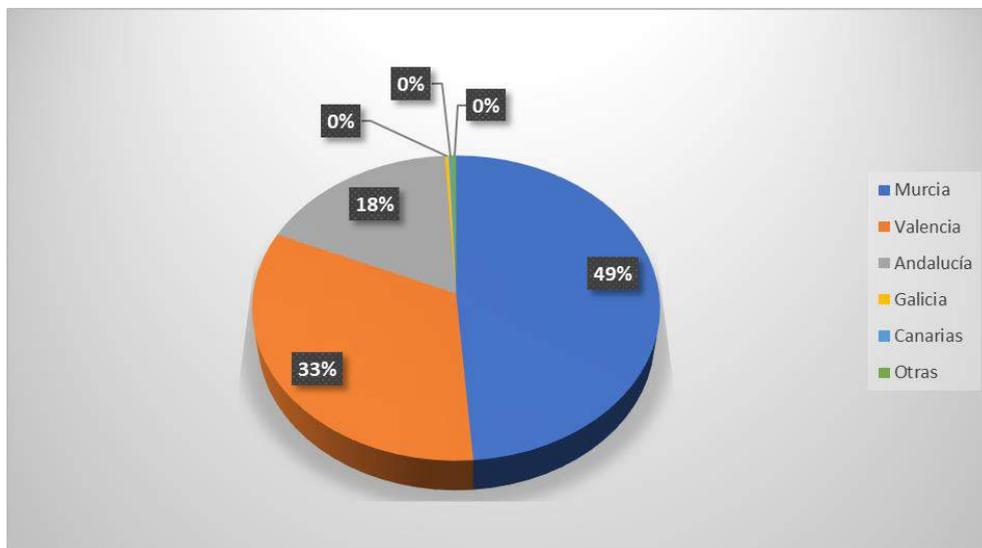


Figura 62. Distribución geográfica del cultivo de limón en 2002

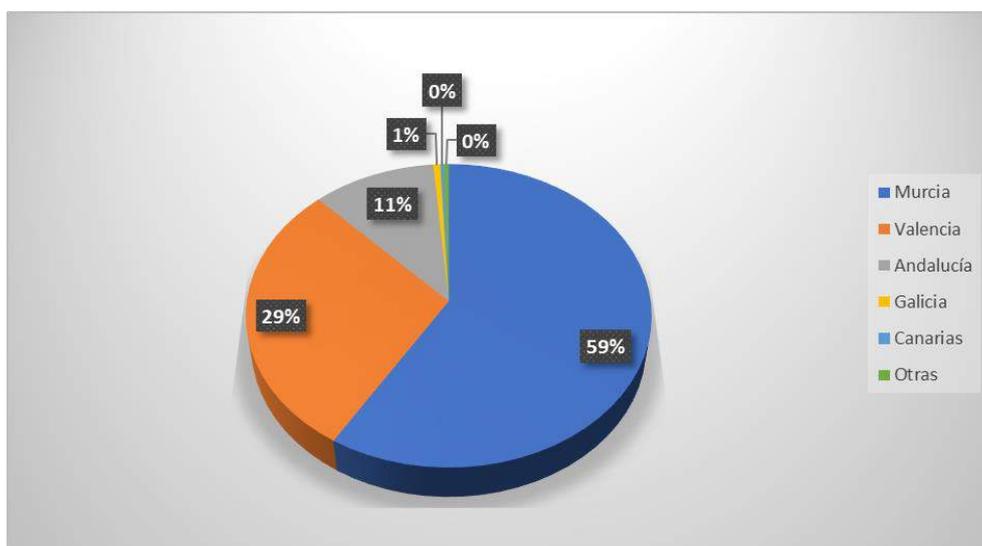


Figura 63. Distribución geográfica del cultivo de limón en 2018

2.3. Regionalización de viñedo y olivar

2.3.1. Distribución regional de la producción de uva para transformación

La uva para transformación tiene una dimensión absolutamente distinta a la de uva de mesa. La producción total en 1982 era de 5.489.000 t, alcanzando las 6.640.000 t en 2018. La gran zona productora ha sido siempre Castilla La Mancha, teniendo 51, 52 y 59 % del total en los tres momentos estudiados – casi la mitad en Ciudad Real. Frente a estos porcentajes, los de otras regiones aparecen como poco significativos (Figuras 64 a 66).

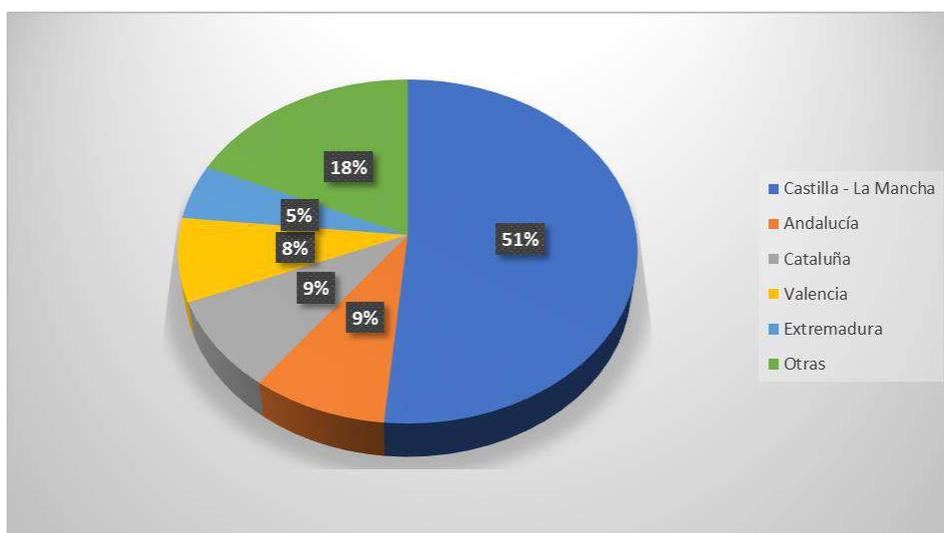


Figura 64. Distribución geográfica del cultivo de uva para transformación en 1982

Extremadura aumenta su fracción de un 5% en 1982 a un 8% en 2002 y 2018, y La Rioja aparece con un 5% en 2018.

Además de las regiones que participan como las cinco primeras en los tres momentos distintos estudiados, siempre se mantiene una fracción de cierta importancia como “otras regiones”. Como por ejemplo Galicia, Navarra o Aragón, que alcanzan más de 100.000 t de producción de vid para transformación cada una.

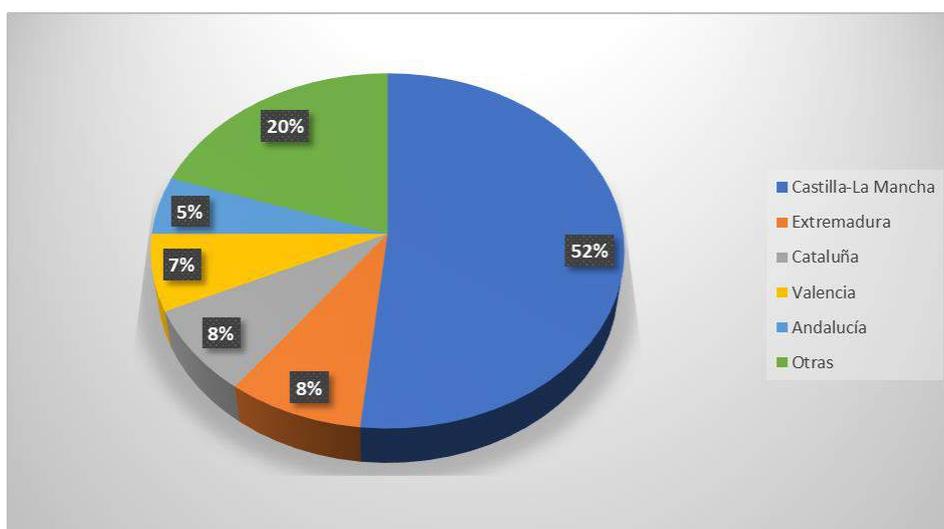


Figura 65. Distribución geográfica del cultivo de uva para transformación en 2002

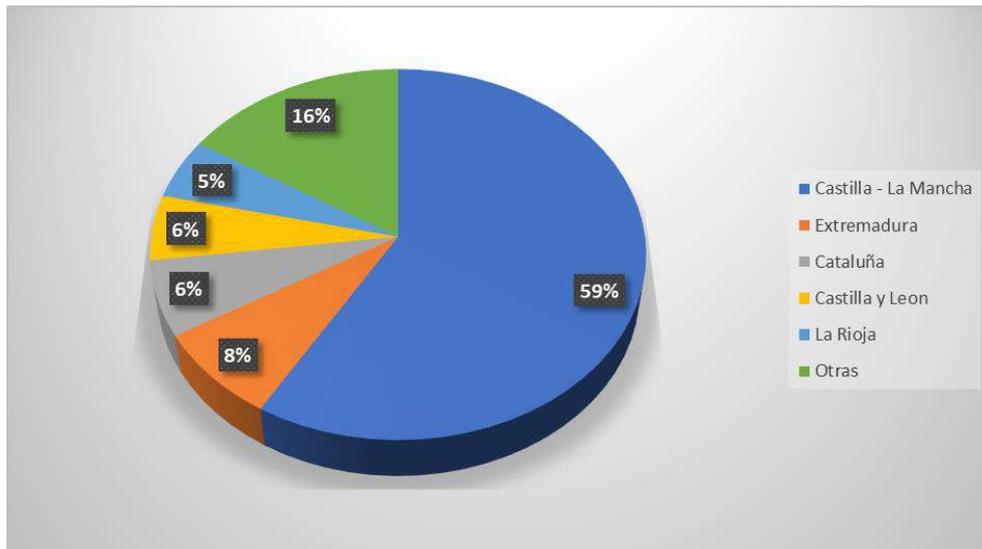


Figura 66. Distribución geográfica del cultivo de uva para transformación en 2018

2.3.2. Distribución regional de la producción de aceituna de almazara

La aceituna de almazara tiene una importancia cuantitativa infinitamente superior a la de mesa. La producción nacional se triplica de 3.112.000 t en 1982 a 9.215.463 t en 2018.

Con respecto a la descripción de la producción, lo que se puede decir es que la dominación andaluza es total. En 1982, 77% frente al 9% de Castilla La Mancha, la segunda región. Producción concentrada fundamentalmente en Jaén y en Córdoba en Andalucía, y en Toledo en La Mancha (Figura 67).

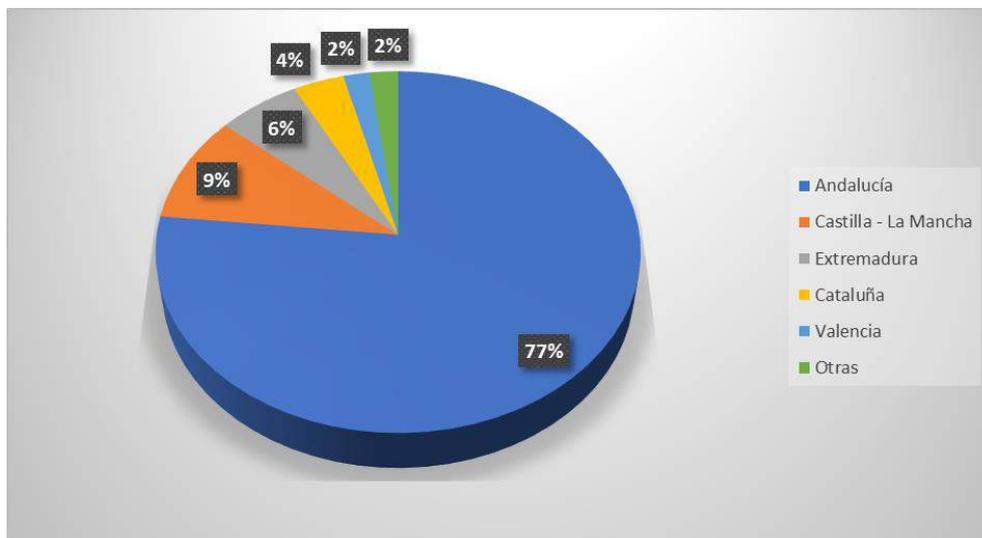


Figura 67. Distribución geográfica del cultivo de aceituna de almazara en 1982

En 2002 el liderazgo productivo andaluz se consolida en 81%, y se mantiene en 2018 (Figuras 68 y 69).

La presencia productiva de Castilla – La Mancha es subordinada en aceituna de almazara, y la del resto de las regiones, desde poco a nada significativa.

1. Panorama general

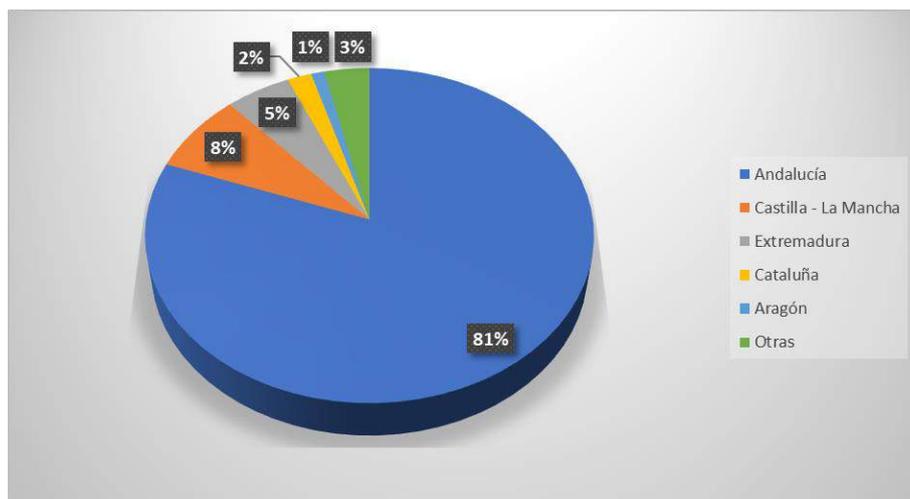


Figura 68. Distribución geográfica del cultivo de aceituna de almazara en 2002

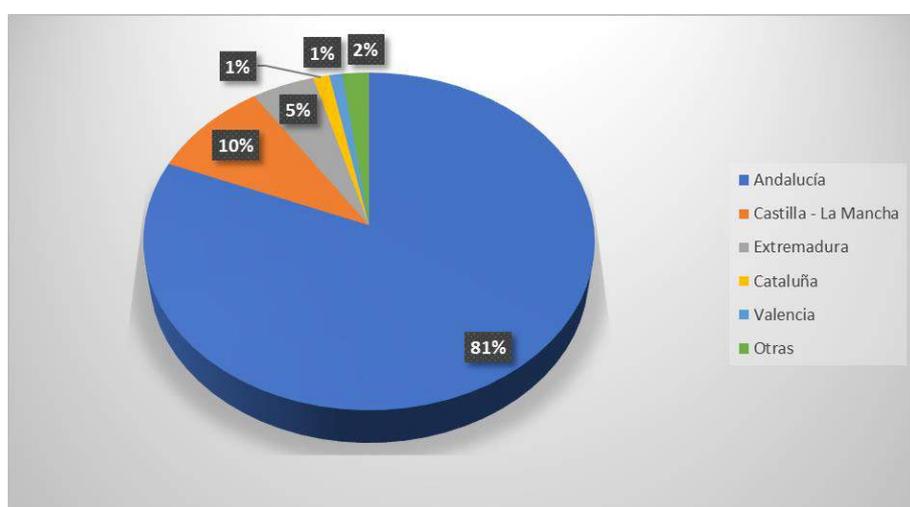


Figura 69. Distribución geográfica del cultivo de aceituna de almazara en 2018

3. Destino comercial de la producción

A continuación, se investiga, a grandes rasgos y mediante algunos ejemplos de productos concretos, las importancias relativas de los mercados interno y externo de frutas y hortaliza. Desde una perspectiva española.

Lo que significa que se considera mercado interno lo que ocurre dentro de las fronteras nacionales, y externo todo lo demás. Incluyendo el espacio de la Unión Europea. Que técnicamente es también mercado interno.

El objetivo del capítulo es dar una aproximación al destino de la producción hortofrutícola, a la vista de la fuerte vocación exportadora de esta producción. Indicando, no obstante, la importancia del mercado interno y de las eventuales importaciones que se registran. Asimismo, como estudiar la procedencia de las importaciones españolas de fruta y hortaliza, que no es insignificante.

A diferencia de capítulos anteriores, se trabaja con información altamente agregada. Pese a la profusión de datos existente, se han comprobado desencuentros entre distintas fuentes de

información estadística, lo que hace preferible restringir la profundidad del análisis. Solo se analizarán más a fondo el destino de tres productos como casos: tomate, pimiento, y cebolla.

3.1. Evolución del comercio exterior de hortalizas

El comercio exterior español de hortaliza presenta una línea permanentemente ascendente durante los últimos años. La Tabla 1 muestra esa evolución – expresada en valor - para la hortaliza.

Tabla 1. Evolución del comercio exterior hortícola en millones de euros

Año	Exportación a terceros	Exportación a la UE-28	Importación desde terceros	Importación desde la UE-28
2010	190	3.848	388	533
2011	190	3.811	403	511
2012	235	4.186	460	530
2013	299	4.607	467	562
2014	289	4.549	455	453
2015	349	5.090	527	524
2016	437	5.465	580	603
2017	435	5.630	632	608
2018	397	5.701	734	624
2019	535	6.085	665	731

Fuente: Informe anual de Comercio Exterior Agroalimentario – MAPYA (varias ediciones)

Se comprueba que el volumen de las exportaciones es creciente y cuantitativamente muy superior a las importaciones. En lo que se refiere a las exportaciones, se dirigen en su gran mayoría a los socios de la Unión Europea, siendo las exportaciones fuera de la Unión de un volumen mucho menor.

Las importaciones de hortaliza son mucho menores, aunque también crecientes. Y en este caso se reparten de forma más o menos equitativa entre países de la Unión Europea y países terceros.

La Figura 70 expresa los valores de la tabla del mismo número. Uniendo, año a año, las cifras totales de comercio exterior (importación más exportación) en una misma barra.

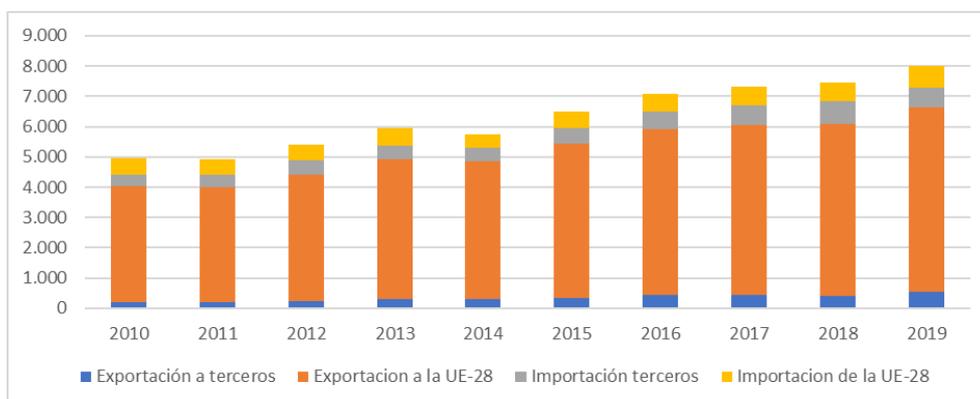


Figura 70. Comercio exterior hortícola en millones de euros

En la Tabla 2 se detalla el destino de las exportaciones de hortaliza – expresado en millones de euros – para el año 2019. Se observa que la totalidad de los países destinatarios son miembros

1. Panorama general

de la Unión Europea. Incluido el Reino Unido, en una situación previa a la separación de ese país de la Unión Europea. En la Figura 71 se pueden ver las mismas cifras, expresadas como porcentaje.

Tabla 2. Destino exportación hortaliza en 2019

Exportación a	Millones €
Alemania	1604,86
Francia	1067,08
Reino Unido	957,89
Países Bajos	606,27
Italia	385,05
Polonia	271,34
Portugal	207,6
Bélgica	197,78
Suecia	158,45
República Checa	120,26

Fuente: Informe anual de Comercio Exterior Agroalimentario – MAPYA (varias ediciones)

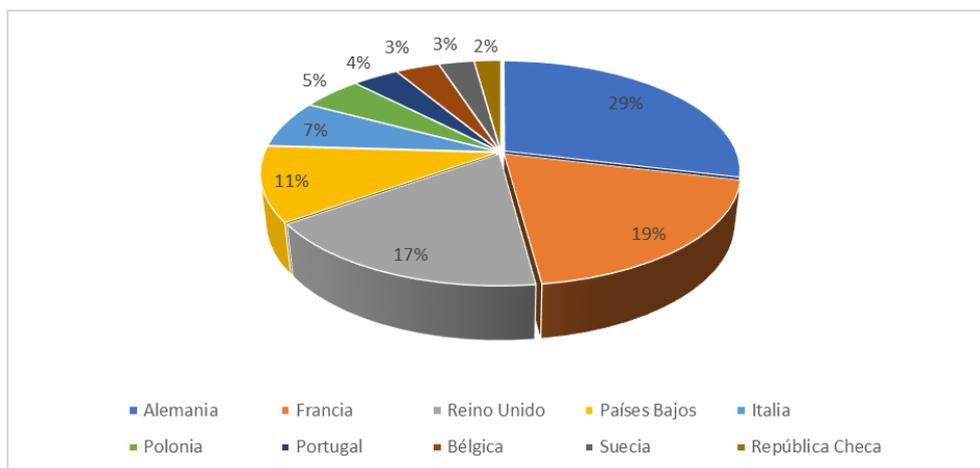


Figura 71. Destino exportación hortaliza en 2019 (porcentaje de valor)

El origen de las importaciones de hortaliza se expone en la Tabla 3 y la Figura 72.

Tabla 3. Origen de la importación de hortalizas

Importación de	Millones €
Francia	332,46
Marruecos	319,62
Países Bajos	131,33
Portugal	90,78
Perú	73,41
Bélgica	58,5
EEUU	45,21
Argentina	45,22
Reino Unido	41,37
China	30,78

Fuente: Informe anual de Comercio Exterior Agroalimentario – MAPYA (varias ediciones)

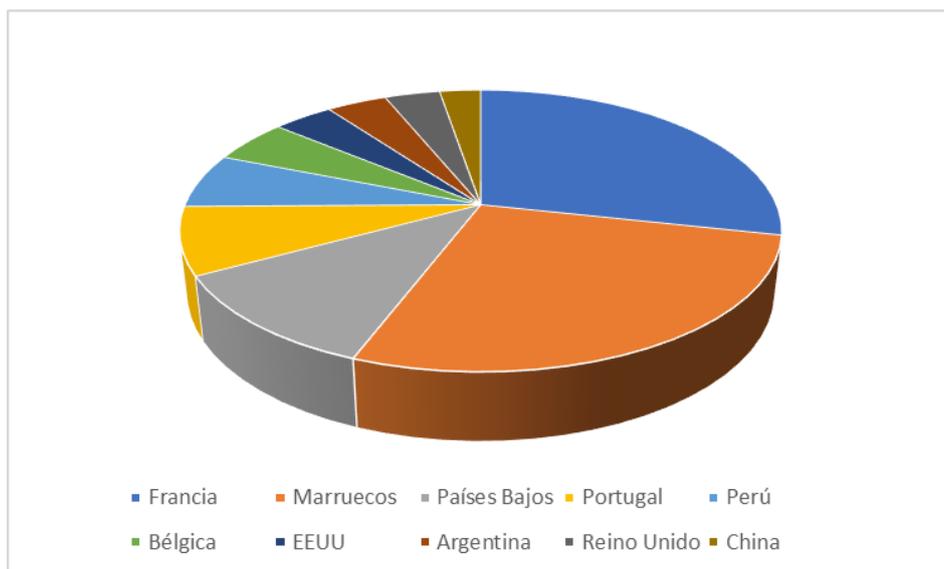


Figura 72. Origen importación hortaliza en 2019 (porcentaje de valor)

Como puede apreciarse, los países proveedores no son necesariamente socios de la Unión. Destaca la importancia de Francia, de Marruecos y de los Países Bajos

3.2. Evolución del comercio exterior de fruta

En lo que respecta al comercio exterior de fruta, las observaciones son similares, salvo que con cifras más abultadas. Excepción hecha de la importación de fruta de terceros países. Sin duda debido al volumen importado de plátano y otras frutas tropicales.

En la Figura 73, que representa los valores de la tabla del mismo número, se muestran estas cifras crecientes con claridad.

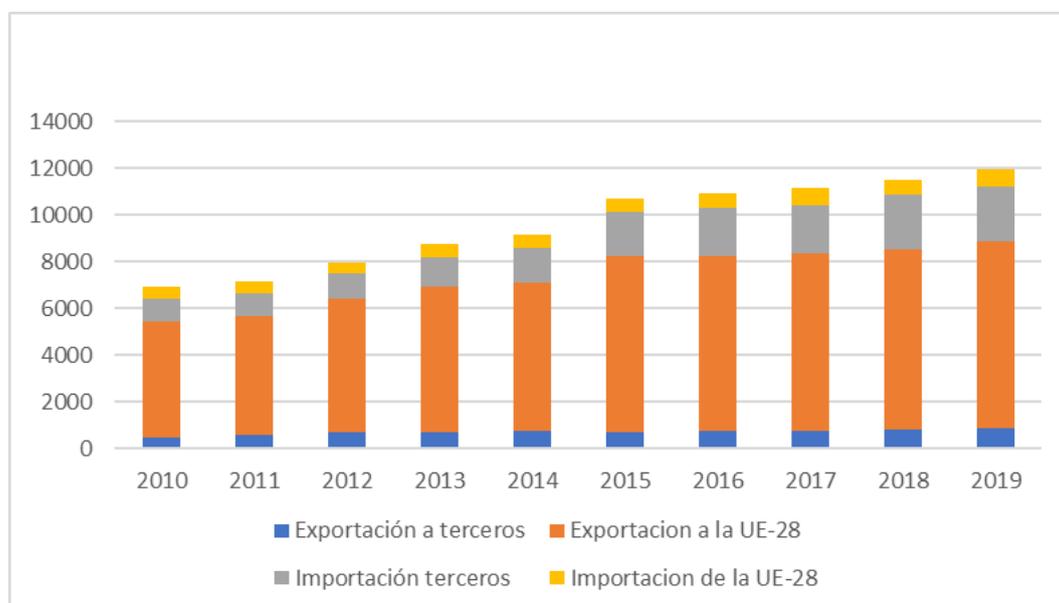


Figura 73. Comercio exterior frutícola (millones de euros)

Las Tablas 5 y 6 muestran los destinos de la exportación de fruta y el origen de la importación del mismo producto durante el año 2019.

1. Panorama general

Tabla 4. Evolución del comercio exterior de fruta (millones de euros)

Año	Exportación a terceros	Exportación a la UE-28	Importación terceros	Importación de la UE-28
2010	493	4954	979	505
2011	606	5042	998	531
2012	682	5726	1092	488
2013	705	6204	1272	566
2014	755	6342	1502	556
2015	721	7498	1917	599
2016	724	7518	2056	633
2017	769	7620	2055	717
2018	782	7761	2314	668
2019	881	7974	2390	729

Fuente: Informe anual de Comercio Exterior Agroalimentario – MAPYA (varias ediciones)

Tabla 5. Destino de la exportación de fruta

Exportación a	Millones €
Alemania	2.275,54
Francia	1.640,76
Reino Unido	1.008,60
Italia	713,14
Países Bajos	584,22
Portugal	349,06
Polonia	336,21
Bélgica	221,91
Suiza	182,55
Austria	141,73

Fuente: Informe anual de Comercio Exterior Agroalimentario – MAPYA (varias ediciones)

Tabla 6. Origen de la importación de fruta (2019)

Importación de	Millones €
EEUU	661,21
Marruecos	394,07
Peru	193,44
Portugal	180,87
Costa Rica	159,12
Italia	144,41
Brasil	134,68
Chile	129,44
Francia	120,64
Países Bajos	96,76

Fuente: Informe anual de Comercio Exterior Agroalimentario – MAPYA (varias ediciones)

Los destinos de la exportación de fruta no difieren mayormente de los de la exportación de hortaliza, salvo por su mayor volumen monetario (Figura 74).

La importación de fruta es marcadamente diferente a la importación de hortaliza, dado el peso del producto que no puede ser cultivado en ámbito europeo. En especial el plátano.

Los orígenes de la importación de fruta son aún más diversos que los de la importación de hortaliza, con los Estados Unidos de América a la cabeza en 2019, y con importantes aportes de Brasil, Costa Rica y Chile (Figura 75).

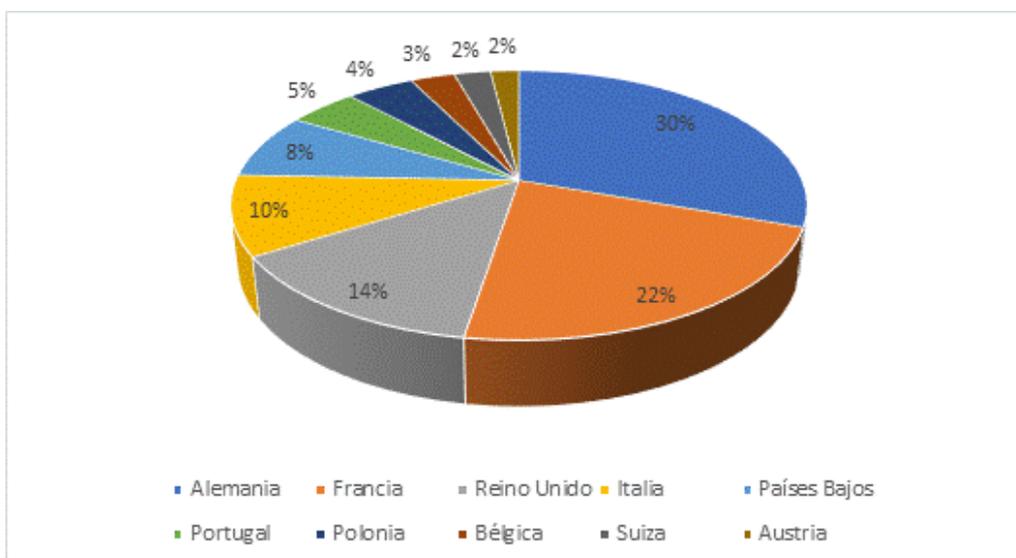


Figura 74. Destino exportación fruta en 2019 (millones de euros)

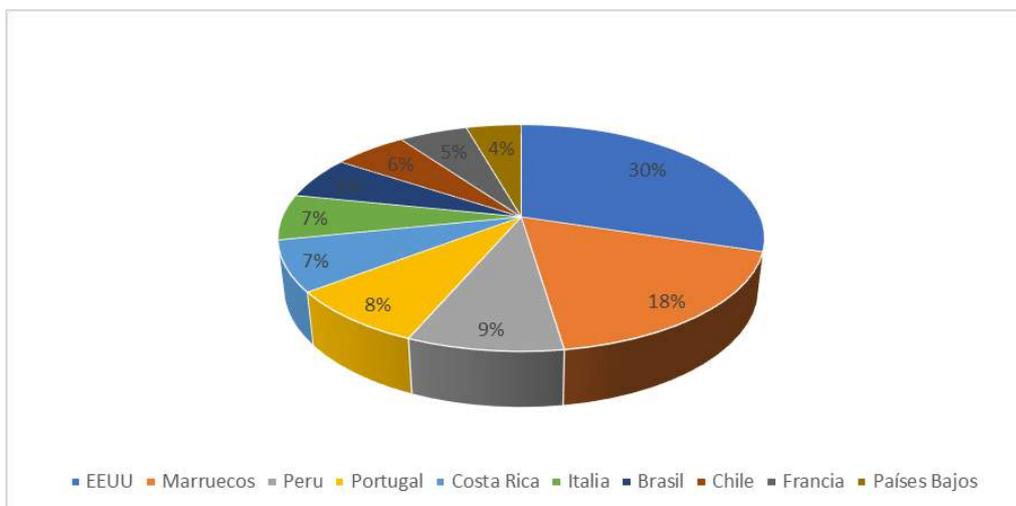


Figura 75. Origen importación fruta en 2019 en millones de euros

3.3. Producción, comercialización y destino

El destino del producto fresco puede resumirse en pocas variables: producción, pérdidas, exportación, importación, consumo interno. En la presente sección se sigue esta evolución en tres casos determinados: pimiento, tomate y cebolla. La estimación de las pérdidas para esos tres grupos de productos se ha realizado utilizando un promedio de datos de los años 1984 a 1995. El resumen de ese cálculo arroja promedios de pérdidas de 11,0 % para hortalizas, de 12,8% para frutas, de 5,2% para cítricos y de 5,3 % para patatas. Se trata de una aproximación que es, para los grandes grupos tratados, consistente a lo largo de los años. La aplicación a productos concretos arroja solamente una aproximación.

1. Panorama general

Tabla 7. Pérdida promedio 1984 – 1995 (grandes grupos producto)

Grupo de producto	Pérdida promedio (%)
Hortalizas	11%
Frutas	12,8%
Cítricos	5,2%
Patatas	5,3%

Fuente: Anuario Estadística Agraria, elaboración propia

3.3.1. Producto disponible, exportación, mercado interno: el caso del tomate

Se trata de una aproximación para establecer las relaciones entre la cantidad de producto que queda disponible descontando una estimación de las posibles pérdidas a la producción anual, y las cantidades exportadas y las que llegan al consumo doméstico. En el caso del tomate que se describe, se utiliza la cifra total cosechada, que incluye el consumo en fresco y el tomate que se destina a industria. Este último no cruza las fronteras. La Tabla 8 muestra un resumen de esas variables, para los años que se han podido reconstruir las cantidades de una forma coherente – los años escogidos lo han sido en base a ese criterio.

Tabla 8. Producción, exportación, consumo interno de tomate total. Años escogidos

Año	Producción total (t)	Producto disponible (t)	Exportación (t)	Mercado interno (t)	Merc. Interno/disponible (%)	Merc Interno/export (%)
1999	3.874.713	3.448.495	958.429	2.509.662	72,8	261,9
2000	3.766.300	3.352.007	891.756	2.470.692	73,7	277,1
2001	3.971.700	3.534.813	1.041.117	2.529.141	71,5	242,9
2002	3.979.669	3.541.905	974.399	2.614.687	73,8	268,3
2003	3.947.329	3.513.123	966.002	2.616.583	74,5	270,9
2004	4.383.207	3.901.054	1.036.833	2.966.534	76,0	286,1
2005	4.810.300	4.281.167	937.038	3.476.643	81,2	371,0
2006	3.800.560	3.382.498	997.514	2.467.949	73,0	247,4
2007	4.081.500	3.632.535	884.244	2.994.493	82,4	338,7
2008	4.049.759	3.604.286	957.603	2.838.268	78,7	296,4
2009	4.798.040	4.270.256	729.358	3.727.492	87,3	511,1
2011	3.864.108	3.439.056	967.238	2.616.797	76,1	270,5
2012	4.046.431	3.601.324	908.651	2.840.696	78,9	312,6
2013	3.772.856	3.357.842	1.026.755	2.442.353	72,7	237,9
2014	4.865.525	4.330.317	967.540	3.511.402	81,1	362,9
2015	4.832.696	4.301.099	954.983	3.587.239	83,4	375,6
2016	5.233.544	4.657.854	910.663	3.892.824	83,6	427,5
2017	5.163.456	4.595.476	809.043	3.940.543	85,7	487,1
2018	4.768.613	4.244.065	813.206	3.600.397	84,8	442,7

Fuente: Estimaciones propias, en base a Anuario Estadística Agraria (varias ediciones).

En esa tabla se puede apreciar el mercado interno de tomate total es consistentemente mayor que las exportaciones. Un efecto de la importante fracción de tomate para industria, que no se exporta. Estas exportaciones se mantienen más o menos estables a lo largo del período, mientras que la producción se incrementa. Lo que nos lleva a que el volumen del mercado interno crezca significativamente.

3.3.2. Producto disponible, exportación, mercado interno: el caso de la cebolla

La cebolla es otro de los productos hortícolas con un historial de exportación exitoso. La Tabla 9 muestra el desarrollo de los mercados interno y externo de forma interrelacionada.

Esas cifras muestran un proceso de incremento continuo de la producción a través del período considerado. Lo que se acompaña con una duplicación de las exportaciones. Aunque en 2019 – fuera del rango de la tabla – se registró un descenso de unas 100.000 t en este concepto. Que se considera una situación coyuntural a ser superada.

Los destinos de la exportación de cebolla acompañan a los de hortaliza en general, siendo todos los volúmenes importantes dirigidos a países de la Unión Europea. El Reino Unido – que se aparta de la Unión en 2020 – fue el comprador más importante en numerosos años, siendo desplazado por Alemania en 2019 y 2020. En tercer lugar, se ha posicionado regularmente Francia.

El mercado interior oscila algo por encima de las 700.000 t anuales, lo que en combinación con una producción que se incrementa, hace que los excedentes exportables se vayan incrementando. Dicho de otra manera, el mercado interno pierde proporción frente a las exportaciones.

Tabla 9. Producción, exportación, consumo interno de cebolla. Años escogidos

Año	Producción total (t)	Producto disponible (t)	Exportación (t)	Mercado interno (t)	Mercado Interno/disponible (%)	Mercado Interno/export (%)
2002	1.034.199	920.437	259.912	699.398	76,0	269,1
2003	936.800	833.752	269.664	586.946	70,4	217,7
2004	1.030.400	917.056	290.093	696.444	75,9	240,1
2005	1.006.100	895.429	308.269	643.621	71,9	208,8
2006	1.099.600	978.644	273.199	742.935	75,9	271,9
2007	1.184.300	1.054.027	253.981	860.924	81,7	339,0
2008	1.059.751	943.178	267.751	746.083	79,1	278,6
2009	1.256.300	1.118.107	243.804	933.331	83,5	382,8
2015	1.229.831	1.094.549	529.173	631.706	57,7	119,4
2016	1.384.095	1.231.845	544.181	782.369	63,5	143,8
2017	1.299.545	1.156.595	523.953	709.287	61,3	135,4
2018	1.272.937	1.132.914	529.858	715.240	63,1	135,0

Fuente: Estimaciones propias, en base a Anuario Estadística Agraria (varias ediciones)

3.3.3. Producto disponible, exportación, mercado interno: el caso del pimiento

Dentro de la exitosa historia exportadora de los productos hortícolas españoles, el pimiento destaca notablemente. Los volúmenes exportados, al igual que todos los demás hortícolas y frutícolas, se dirigen casi exclusivamente a países socios de la Unión Europea. Los principales compradores han sido Alemania, el Reino Unido y Francia.

Cuáles serán las consecuencias comerciales de la salida del Reino Unido de la Unión Europea (Brexit) comenzarán a sentirse a partir de 2021. Bajo las nuevas condiciones, y en ausencia de acuerdos preferenciales, el producto español se verá expuesto a la competencia de países terceros, sin situación de privilegio.

Un rápido análisis de la Tabla 10 nos muestra un panorama familiar para la horticultura española: incremento de la producción doméstica, incremento de las exportaciones, consumo interno estable. Con la consecuencia de la pérdida de peso relativo de un mercado interno que, no obstante, no es despreciable.

Tabla 10. Producción, exportación, consumo interno de pimiento. Años escogidos

Año	Producción total	Disponible	Exportaciones (t)	Mercado interno (t)	Mercado Interno/disponible (%)	Mercado Interno/export (%)
2002	1.052.515	936.739	495.630	448.925	47,9	90,6
2003	1.055.982	939.824	454.807	496.556	52,8	109,2
2004	1.075.517	957.210	406.375	564.391	59,0	138,9
2005	1.060.400	943.756	437.019	524.376	55,6	120,0
2006	1.147.780	1.021.524	483.256	557.046	54,5	115,3
2007	1.057.528	941.200	379.013	588.913	62,6	155,4
2008	918.138	817.143	448.784	400.777	49,0	89,3
2009	923.310	821.746	402.987	451.177	54,9	112,0
2011	918.556	817.515	512.262	334.471	40,9	65,3
2012	970.295	863.562	531.430	357.119	41,4	67,2
2013	1.016.799	904.951	593.050	342.611	37,9	57,8
2014	1.130.824	1.006.433	896.607	143.685	14,3	16,0
2015	1.102.563	981.281	698.801	320.116	32,6	45,8
2016	1.172.623	1.043.635	734.168	355.333	34,0	48,4
2017	1.252.802	1.114.993	716.940	452.773	40,6	63,2
2018	1.271.730	1.131.840	775.468	422.861	37,4	54,5

Fuente: Estimaciones propias, en base a Anuario Estadística Agraria (varias ediciones)

4. Conclusiones

En el presente trabajo se ha descrito, de forma predominantemente gráfica, la evolución del sector hortofrutícola español de las últimas décadas. No es una descripción exhaustiva, de detalle, producto por producto, variable por variable, período por período. De proceder así, la extensión, ya considerable, se multiplicaría. Pero el trabajo sí aspira a un cierto grado de representatividad. Las evoluciones constatadas en los productos expuestos pueden extenderse, sin gran riesgo a equivocarse, a otros productos. O por lo menos la sencilla metodología de análisis. El apoyarse masivamente en la metodología gráfica permite evitar largos textos repetitivos. Un vistazo alcanza para comprobar si una superficie, una cantidad producida o un rendimiento se incrementan o disminuyen.

Las series de tiempo analizadas para productos económicamente significativos en 2018 – ese ha sido el criterio de selección de los ejemplos – cubren, para comenzar, tres variables: superficies en producción, rendimientos por unidad de superficie, y cantidades producidas. El foco se pone en los rendimientos por unidad de superficie, como variable representando el progreso tecnológico.

Esta fase del trabajo – capítulo segundo – proporciona un fundamento sólido a lo que generalmente se considera: que la producción hortofrutícola se incrementa de forma sostenida durante todo ese período y que el motor de ese incremento es, muy a menudo, la aplicación de nuevas técnicas y tecnologías. Aunque se producen excepciones a esa norma general en caso de cultivos particulares. Como la patata, que pierde superficies y producciones, pese al incremento del rendimiento (Figuras 15 y 16), o de la manzana, en caso de las frutas (Figuras 19 y 20). Pero la tendencia general es clara, subrayada por casos espectaculares, como el tomate, el pimiento o la fresa.

En el tercer capítulo se investiga la localización de las producciones, constatándose que distintos cultivos tienden a concentrarse en determinadas regiones. Ello de forma creciente a lo largo de las tres “instantáneas” temporales considerados (1982, 2002, 2018). La concentración espacial de algunos, como la fresa, es marcadísima y creciente, por ejemplo (Figuras 40 a 72). Otros se distribuyen de forma más homogénea sobre el territorio. En cuanto al momento de las tres tomas de muestra, se rigen por disponibilidad de datos estadísticos y una cierta arbitrariedad. Representan situaciones previas al ingreso de España a la ex- Comunidad Económica Europea, a un momento en que sus disposiciones – principalmente el mercado común – ya estaban en pleno funcionamiento, y al último año de disponibilidad de datos del Anuario Estadístico.

Por último, en el capítulo cuarto, se realizan algunas estimaciones sobre el destino de las producciones, extendiéndose en tres casos concretos: tomate, pimiento y cebolla. El cálculo no es detallado, pero lleva al punto que preocupa: la importancia relativa del consumo interno y de la exportación. Llamando la atención sobre el hecho que la producción hortofrutícola, si bien de enorme importancia como actividad exportadora, también tiene un importante mercado interno al cual servir.

El destino de las exportaciones es, como bien se sabe, europeo en su enorme proporción, con exportaciones a terceros países solo testimoniales. Interesante será ver cómo las exportaciones hacia el Reino Unido – uno de los principales clientes mientras en la Unión Europea - se desarrollan en los próximos años. Fuera de la protección europea, y si las normas británicas ponen al producto comunitario en el mismo pie que el de terceros países, las pérdidas serán sensibles.

Un panorama distinto muestra las importaciones, donde las partidas procedentes de terceros países tienen gran presencia en las importaciones españolas de fruta. Condicionado por cubrir la demanda interna de tipos de fruta con procedentes del espacio económico europeo.

Como última reflexión se indica que la gran cantidad de información analizada se ha extraído de fuentes disponibles públicamente. En particular distintas ediciones del Anuario de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del gobierno de España y el Informe Anual de Comercio Exterior Agroalimentario, de la misma procedencia. A lo largo del texto se recuerdan estas procedencias, renunciándose a citas repetitivas. El análisis y las reflexiones pertenecen al autor.



MÁS « CERCA

MÁS SOSTENIBILIDAD, MÁS DIGITALIZACIÓN
Y MÁS INNOVACIÓN PARA AVANZAR MÁS.
MÁS CONOCIMIENTO... PARA COMPARTIRLO
PARA CRECER JUNTOS.

MÁS A TU LADO. ESTANDO MÁS CERCA.
MÁS CONTIGO.

ESTÁ EN NUESTRO ADN, AGRO Y COOPERATIVO.

 **cajamar**
CAJA RURAL



cajamar.es



MÁS SOSTENIBILIDAD
Y MÁS DIGITALIZACIÓN
PARA MÁS RENTABILIDAD
EN NUESTRO CAMPO.
MÁS CONOCIMIENTO,
MÁS PARA TI.
MÁS CERCA
Y MÁS CONTIGO.

ADN AGRO

 **cajamar**
CAJA RURAL

Así somos nosotros.
Puro ADN Agro.



ASISTA A

GreenTech

AMERICAS 21 - 23 MARZO 2023
Querétaro Centro de Congresos



Inspírese con los
**desarrollos
tecnológicos**
en horticultura

- Conozca el mercado de la horticultura protegida en México.
- Encuentre nuevos socios y distribuidores.
- Conéctese con miles de profesionales de la horticultura durante tres días.
- Establezca relaciones comerciales rentables, intercambie ideas y mejore la experiencia.

Organizado por:

rai
AMSTERDAM



Síguenos en:
GRENTechAMERICAS



REGÍSTRESE AHORA

www.greentech.nl/es/americas

1.2. Mercado interior

Joaquim Ros Saques

jrossaques@gmail.com

Especialista en mercados mayoristas

Índice

1. Antecedentes
2. El mercado interior: sus características
3. Zona Actividades Complementarias, ZAC
4. Historia y evolución compradores
5. 1986: Incorporación de España a la CEE
6. La concentración en la oferta
7. Integración del *Mercat Central del Hospitalet de Llobregat*
8. Supresión de envases recuperados
9. 1988 / 1989: cambio de horario
10. Campañas de promoción
11. Comercialización de Hortalizas: estadísticas
12. Pabellón Biomarket

Resumen

Este 2021 es un año muy significativo y oportuno para hablar de horticultura. Hay una serie de coincidencias que lo justifican plenamente: Barcelona está siendo la capital Mundial de la alimentación sostenible, la ONU ha declarado este 2021 como el año internacional de la Fruta y la Verdura, se ha realizado la Carta Alimentaria de la Región Metropolitana y se cumplirán dos aniversarios a tener en cuenta como son los 50 del traslado del antiguo *Mercat del Born* a Mercabarna y los 100 precisamente de la creación del Born como *Mercat* mayorista, hasta aquel momento *mercat al detall* y disperso por la ciudad. Acertado año para hablar de *Mercats* y Hortalizas.

Hago una breve alusión a la configuración de un *Mercat interior* y a sus características más necesarias e imprescindibles.

Es indispensable relacionar el *Mercat* con la ZAC (Zona de actividades complementarias), explicando cómo nace y se desarrolla, paralelamente con el crecimiento y necesidades del *Mercat*.

Seguramente el punto más atractivo explicado es la evolución en estos 50 años de la tipología de compradores. Cómo han nacido y crecido algunos segmentos y cómo han bajado su

1. Panorama general

protagonismo otros. Creo que solo este punto explica y justifica la evolución del comercio al por menor de un país.

No podía pasar por alto el impacto que tuvo la incorporación de España en la Comunidad Europea y cómo se prepararon algunos países para este evento trascendental para la historia.

La concentración en la oferta fue a remolque de los dos puntos anteriores; entrada en Europa y cambios en la tipología de compradores. Sencillamente, las necesidades eran otras y había que adecuarse.

También hubo tiempo para integrar un *Mercat* de una localidad vecina con todos los pros y contras para las dos partes. Más oferta y más demanda. Pero hubo que negociarlo para que acabara bien.

Si un punto tiene “*glamour*” es el proceso del cambio de horario de la tradicional noche al radiante día. Las cosas se ven diferente en función de la luz y con esta variación se trocaron muchos elementos y, por amplia mayoría, todos en positivo.

Todo este proceso precisaba también de una adecuada promoción justo en el momento conveniente. Se buscaron los “*partners*” idóneos y puedo asegurar que hubo pleno acierto.

Era necesario complementar el capítulo con algunos gráficos estadísticos de tonelaje y precios de estos decenios que refuerzan la evolución positiva del *Mercat* sin olvidar la reciente inauguración del Pabellón Biomarquet, en la línea de la demanda actual del consumidor.

No quiero dejar de comentar que este modelo de “*Mercat interior*” conforme se fue “*cocinando*” fue visitado para ser conocido y explicado a otros muchos gestores y operadores de mercados. Por ello Mercabarna se convirtió en asesor de bastantes de ellos, como por ejemplo el de Lisboa (Portugal) y de Montevideo (Uruguay) ⁹entre otros varios.

Pero para concluir este resumen quisiera destacar la importancia del papel de un *Mercat Interior* en dos aspectos no menores:

- La formación de precio y el control sanitario de los productos que allí se comercializan
- Son los dos aspectos claves en la cadena para el sector, desde el productor hasta el consumidor

1. Antecedentes

Recordemos que en el año de la publicación de este libro se dan varias circunstancias que lo enmarcan y acreditan:

- Se cumplirá el mes de agosto el 50 aniversario del traslado del *Mercat Central de Fruites i Hortalisses* del antiguo *Mercat del Born* al recinto de Mercabarna y el centenario de la creación del primer mercado mayorista de frutas y verduras del Born despues de su fracaso como mercado al detall (1921) (Figura 1).

⁹ Inaugurado en febrero 2021

- Barcelona será la Capital Mundial de la Alimentación sostenible, para generar oportunidades económicas, combatir la emergencia climática y generar resiliencia del sistema ante amenazas imprevistas.
- La ONU ha declarado el 2021 como el año Internacional de la Fruta y la Verdura.
- La realización de la Carta Alimentaria de la Región Metropolitana, impulsada por el PEMB (*Pla Estratégica Metropolitana Barcelona*) (1920/1921)
- Este año también la Generalitat ha hecho público el PEAC (*Pla Estratègic de l'Alimentació de Catalunya*), elaborado el año pasado.



Figura 1. Visita de Francisco Franco a Mercabarna, un año antes de su inauguración en 1971

En este sentido se desprenden los siguientes aspectos destacables:

- Si quedaba alguna duda sobre el papel que ha jugado y sigue jugando este “*Mercat*”, es el de haber sido garantía de suministro alimentario fresco durante estos últimos meses que nos ha azotado la pandemia del Covid-19.
- Es importante promover dietas saludables y sostenibles, accesibles para toda la ciudadanía, ya que la alimentación es la mejor palanca de la salud.
- Hay que facilitar la distribución y la comercialización de alimentos de proximidad y ecológicos
- Hay que impulsar una transición agroecológica en todas las ciudades.
- Durante todo este año la alimentación sostenible se situará en el centro de la programación cultural y se elaborará la primera estrategia alimentaria 2030, como hoja de ruta a seguir en materia de políticas alimentarias urbanas.

2. El mercado interior: sus características

Seguramente, podrían enumerarse algunas características más, pero creo que las necesarias y básicas de un mercado podríamos resumirlas en las siguientes:

Superficie

- Adecuada a la población de consumidores a suministrar
- Previsión para un crecimiento futuro.

Situación, que comprende:

- Fácil acceso para productores y proveedores diversos
- Adecuadas instalaciones logísticas de carga y descarga
- Cercanía de infraestructuras logísticas complementarias como puerto, aeropuerto y nudo de carreteras y autopistas próximas.

Oferta

- Buen nivel empresarial (en nombre y tamaño) que configuren una oferta potente
- Internacionalización empresarial
- Aplicación de nuevas tecnologías
- Presencia en ferias y congresos nacionales e internacionales
- Clúster alimentario
- Transición de mayoristas convencionales a empresas de import/export

Empresa pública de gestión

- Accionariado público y gestión directa, con criterios de empresa privada
- Presencia de una zona de actividades complementarias (Z.A.C.)
- Máxima polivalencia de actividades (Frutas y Hortalizas, Pescado y Marisco fresco y congelado, Carne, Flores, Plantas y complementos, Polivalencia y Cash and carry, (producto seco...)) (Figura 2)
- Servicios adecuados y sostenibles: Limpieza, Punto verde, vigilancia y seguridad del recinto, formación, promoción, ...
- Seguridad alimentaria (control sanitario del producto)
- Horarios adecuados y su cumplimiento. Separación entre la descarga y la carga de género
- Acceso restringido solo a profesionales (peajes como fuente de control).
- Pactos/acuerdos con los empresarios a través de sus Asociaciones
- Instalación de Red de comunicación de voz y datos. Fibra óptica que conecta toda la Unidad Alimentaria (1996/1997)
- Responsabilidad social sostenible; Banc d'Aliments, Campañas de promoción en directo para los escolares, escuela de puericultura,

De Mercats Centrals a Unidad Alimentaria a Hub Alimentario

El hub alimentario permite brindar los servicios que la alimentación moderna requiere de un mercado. En el caso de Mercabarna la etapa como “mercado central” se desarrolla en el periodo 1971-1985. La etapa como “unidad alimentaria” engloba el período 1985-2005) y a partir de 2006 hasta la actualidad el mercado funciona como “hub alimentario”.



Figura 2. Plano de Mercabarna. Color verde: *Mercat Central de Fruites i Hortalisses*; Color Rosa: *Escorxador (matadero) i Mercat de la Carn*; Color azul claro: *Mercat Central del Peix*; Color gris: ZAC; Color azul oscuro: Oficinas y Dirección.

3. Zona Actividades Complementarias, ZAC

La Zona de actividades Complementarias (ZAC), la definimos como la superficie o área situada alrededor de los Mercados Centrales o Mayoristas de producto fresco, destinada a la manipulación, transformación y distribución de estos productos.

La ZAC nace como respuesta de las necesidades de algunas empresas mayoristas que operan en las instalaciones del mercado central. Estas empresas de tamaño medio-alto precisan de instalaciones específicas para poder desarrollar actividades que confieren valor añadido al producto, que posibilitan la prestación de los servicios demandados por sus clientes o simplemente disponer de espacios suficientes de almacenaje de producto.

La evolución de la tipología del comercio ha provocado nuevas y necesarias demandas por parte de estos “recientes” clientes, Gran/nueva distribución, Canal Food service, cadenas de tiendas tradicionales en la calle, etc. La respuesta ha sido la emergencia de diferentes tipos de empresas de servicio.

Resumiendo, podríamos dividir las empresas, según sus actividades, en tres tipos:

- Empresas que dan servicio al Mercado (Frigoríficos, transporte, logística, ...)
- Empresas que reciben servicio del Mercado (plataformas de compra de supermercados, cocinas centrales, distribuidores especialistas, ...)
- Empresas que dan servicio a las personas y/o empresas (restaurantes, bancos, talleres mecánicos, gasolineras, farmacia, centro hospitalario, ...),

Ya cuando allá por el año 1971 se llevó a cabo el traslado de los mayoristas del antiguo *Mercat del Born* a Mercabarna, alrededor de las viejas instalaciones existían almacenes de valor

1. Panorama general

añadido; el más significativo era el de maduración de plátanos. También había alguno de manipulación de patatas y cebollas, pero la mayoría estaban localizados en distintos puntos de Barcelona capital. Con el traslado estos dos sectores ampliaron sus instalaciones, tanto en superficie como en número. Eran dos elementos destacados y atrayentes de la demanda. El tubérculo y el plátano siempre han sido dos productos bandera que no pueden faltar en ningún establecimiento comercial de venta de producto fresco.

Finalmente, un canal extra mercado de relevancia tenía su origen en el puerto de Barcelona, centro de contratación y formación de precios y desde donde se distribuían productos, principalmente plátanos y tomates canarios, destinados no solo a Barcelona sino también a otras localidades como Zaragoza o Navarra.

Recordemos que la superficie del antiguo *Mercat del Born* y su área de influencia era de alrededor de 5 hectáreas y que el recinto de la Unidad Alimentaria de Mercabarna dispone de 90 ha. Los periódicos de la época no pasaron por alto estas cifras ya que no acababan de entender este importante incremento. Críticas en el sentido de que alguien se beneficiara de este incremento de superficie la recogieron diversos diarios... Creo sinceramente que a pesar de los comentarios que se hicieron, el hecho de que se tuviera en cuenta que se ubicarían el Matadero y mercado de la carne, así como el *Mercat Central del Peix* (del pescado), por un lado, y la necesidad de un área de actividades complementarias por el otro, justifica plenamente el incremento de espacio solicitado. De hecho, el tiempo ha dado la razón a las previsiones realizadas al final de la década de los sesenta. Y en estos momentos Mercabarna está negociando su crecimiento. Quiero recordar que debido al incendio de la nave del *Mercat Central de la Flor* en el año 2001 se estudió la posibilidad de deslocalizar este sector, lo que se llevó a cabo, situándolo fuera del recinto de Mercabarna, para poder crecer en actividades complementarias. Se entendió que este Mercado no tenía tanta vinculación con el sector de la alimentación fresca. La clave estaba en encontrar una muy buena ubicación como así sucedió. Una parcela al sur de la ciudad entre El Prat de Llobregat y Sant Boi del Llobregat, al lado mismo de la C32 en dirección al Aeropuerto del Prat. Recordemos que, en el norte, en Vilassar de mar esta otro *Mercat*, también dedicado a los productos ornamentales

Para resumir y entender el significado de la ZAC en la Unidad Alimentaria de Mercabarna concluiríamos que, gracias a los mercados, sobre todo el de Fruites i Hortalisses, se fue desarrollando esta significativa e importante área pero que, debido al desarrollo y potencia de la ZAC, el mercado ha llegado donde está en la actualidad y tiene un brillante futuro.

Hay un símil que lo deja muy claro para que no haya dudas; Cataluña es un país de “*Castellers*” (castillos humanos) y el éxito de que se corone un castell es en buena parte la base o piña que es la cantidad de gente que aúpa y aguanta el pilar o la forma deseada. Pues bien, el “*castell*” es el “*Mercat*” y la piña o base del mercado es la ZAC. En este sentido del símil podríamos concluir al revés (base/mercado y pilar/ZAC) y también sería válido y correcto.

4. Historia y evolución compradores

La tipología de compradores del mercado ha ido cambiando. La Tabla 1 recoge la evolución entre 1971 y 2021.

Tabla 1. Evolución del tipo de compradores en Mercabarna

	Evolución compradores (%)				
	1971/83	1983/95	1995/07	2007/14	2014....
Mercados municipales	70	55	30	15	10
Tiendas calle	4	3	10	15	12
Autoservicios	8	4	10	12	9
Mayoristas origen	5	5	5	4	5
Ambulantes	5	5	4	4	3
Súpers	4	18	23	22	20
Hipers	0	2	3	1	1
Horeca	4	8	10	12	15
Export	0	0	5	15	25

Podía coger otras cadencias de años para describir el proceso de cambio y evolución de estos 50 años del sector comprador de un mercado interior. Doce años son plazos largos y más que razonables para poder comentar estos cambios.

1971/1983

Tal como sucedía en el Born, el porcentaje mayoritario del comprador de mercado interior en la década de los 70 y principios de los 80 era el detallista tradicional de mercados municipales que se complementaba con los “*colmados*” o tiendas en régimen de polivalencia y de cercanía, que había en todos los barrios de las ciudades y pueblos de Cataluña (Figuras 3 y 4). En menor importancia (%), pero con buen poder de compra también estaban presentes en el mercado los llamados mayoristas “*de origen*” o de provincias que, a través de sus almacenes situados en el lugar de procedencia, suministraban las pequeñas tiendas, los mercadillos semanales tradicionales en todos los pueblos y el número limitado de restaurantes que había en aquel momento. Este baremo y perfil se mantuvo durante muchos años. Pero pronto vendrían cambios profundos en el sector del comercio como la aparición de los primeros supermercados en la mitad de esta década. El centro del comercio al detall de producto fresco eran los mercados municipales, concesiones municipales a los paradistas. Hasta aquel momento la preocupación de la administración municipal se había centrado en asegurar que no faltase la alimentación, sobre todo de producto fresco, al consumidor y los mercados municipales tenían este rol.

**Figura 3.** Pasillo de venta del Mercado Interior

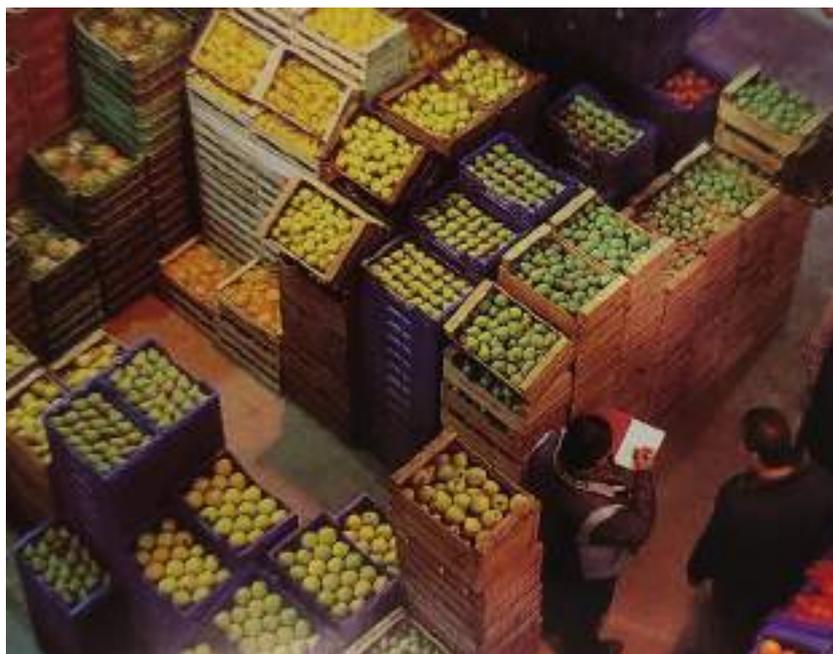


Figura 4. Exposición de producto en el Mercat

1983/1995

A mitad de la década de los ochenta empezaron a surgir con fuerza dos nuevas líneas al detall, los supermercados y los hipermercados; estos últimos generalmente fuera de las ciudades que en poco tiempo se convirtieron en verdaderos Centros comerciales. Se instauró una clara diferencia para el consumidor; de ser servido a poder servir directamente tú mismo. Un cambio muy notorio que gustaba (voy a poner en la bolsa lo que quiera consumir no lo que el profesional desee que consuma). Seguramente el establecimiento tenía más mermas, pero el costo de personal disminuía y podía ir directamente al precio del producto. Con el tiempo, la ya llamada Distribución moderna o Gran distribución, consiguió que sus proveedores les pusieran el producto directamente en las estanterías. Más ahorro que a menudo se constataba en el precio al consumidor. Quien tuvo también un crecimiento importante fue el sector HoReCo, que en la mayoría de los casos tenía especialistas que compraban por ellos ya que por sus horarios les dificultaba ir a comprar directamente. El turismo, tanto a nivel nacional como internacional, fue un buen impulsor de la puesta en marcha de la Hostelería, restauración y Catering o colectividades.

El crecimiento de estos sectores, Supermercados i Horeco, fue en detrimento del sector más tradicional de detallistas de mercado y colmados. Se empezaban a cerrar muchas tiendas y paradas de mercados

Y estas empresas, compradoras de mercado interior, se fueron instalando en la Zona de Actividades Complementarias de las Unidades Alimentarias. Allí concentraban el producto, lo manipulaban, hacían el picking y la posterior distribución a sus puntos de venta. Era un proceso práctico y rápido y en el producto fresco estos son valores esenciales.

En la mayoría de los casos el hecho de tener las instalaciones de sus clientes en el propio recinto facilitaba las transacciones y si algún hecho sorprendía al visitante era un número importante de carreterillas elevadoras del mercado a la ZAC i viceversa. El movimiento es constante, a todas horas y en todas direcciones.

1995/2007

Seguimos viendo la bajada de los detallistas de mercados municipales. Más de la mitad se han quedado por el camino en estos decenios.

Muchos de ellos han empezado remodelaciones en profundidad. Mi opinión es que llegan un poco tarde. Desaparecen paradas pequeñas y la superficie de las que quedan aumenta. La relación con el pequeño consumidor ha cambiado. Recordemos que una parada de 1 o 1,5 m de "mostrador" era habitual. Ahora ya no tiene sentido. Cada parada precisa de unos cuantos metros de exposición para ser competitivo en la oferta al consumidor. En 10 años los porcentajes han disminuido a la mitad. En muchos mercados el punto de atracción es un supermercado con horarios diferenciados. ¿"El enemigo dentro de casa"? Hay que salvar los muebles. Los detallistas de mercados municipales habían representado durante muchos años más de 2/3 partes del comprador total del mercado y han pasado a no llegar a 1/3. Pero esta época coincide con una explosión de aperturas de tiendas especialistas en la calle con multitud de franquicias. Algunos vienen del por mayor, otras de mercados detallistas (tema horarios), muchas abren al lado mismo de los "súpers" (son un punto de atracción) que siguen creciendo exponencialmente. La relación calidad media/precio razonable, se suma a unos horarios amplios y la cercanía de los puntos de compra es clave. Paralelamente los antiguos colmados ven como ahora son los llamados "autoservicios", con amplísimos horarios comerciales y regentados por "paquistaníes", los que triunfan y se complementan con la oferta de fresco tradicional en la calle. Hay para escoger en calidad, horarios, trato y precio. El consumidor lo tiene fácil. Y todos ellos son compradores fijos de los mercados centrales. Sin este "invento" de la concentración de una buena oferta, difícilmente muchos operadores se hubieran cuestionado abrir sus puntos de venta al detalle.

Aparece en este mapa y en esta época un nuevo operador impensable hasta hace poco tiempo: el "exportador", básicamente francés o italiano. Y detrás, con la rapidez a que nos tienen acostumbrados los operadores mayoristas, nacen especialistas del servicio: todo esto en poco tiempo y con mucha rapidez. Muchos mayoristas descubren Europa. Primero el centro y más tarde países más orientales. Allí de instalan y crecen rápidamente. Tener la persona de confianza facilita el rápido crecimiento "No vengas, ya te lo entregare". Aquí nace otro operador que se desarrolla rápidamente: el logístico. "Te lo traigo donde y cuando quieras" ya se trate de un palet o un camión. Y la ZAC sigue creciendo en tamaño y variedad de empresas. No hay ninguna duda que la ZAC, el horario diurno y la buena oferta están siendo el gran enganche. Es la cadena con los adecuados y buenos eslabones.

2007/2114

Los mercados municipales se siguen remodelando. En algún momento alguien indagará porque la administración ha financiado sus estructuras. Esto sí, cada vez con menos paradas y más grandes. Muchos de ellos ya disponen de un pequeño espacio de valor añadido incorporado a la parada. Nuevos tiempos, nuevas exigencias. Más vale tarde que nunca. La mordida de las tiendas de calle está dejando huella; son constantes aperturas en todos los barrios y ciudades, es un no parar y hacen daño, pero van demasiado deprisa y no consolidan el negocio y muchos tienen que cerrar. Estrategia equivocada. La crisis económica del momento también se añade y pasa factura. Solo aguantarán los que han planificado a medio y largo plazo y tengan músculo

1. Panorama general

empresarial. Los “paquis” resisten, aumentan y crecen porque se consolidan. Locales mayores, mejor servicio y la clave son los horarios comerciales (poder comprar a las 22 h no tiene precio, ...).

Los supermercados continúan siendo muy importantes, pero muchos miran a origen y hacen el salto comprando directamente allí el producto, ¿Por qué pagar una comisión? Pero quedan muchos productos con valor añadido en el mercado central que son básicos y más fácil de aprovisionarse (plátanos en maduración y patatas envasadas con la marca del cliente, ...). Ahí todavía, entre otros productos son enganche para el comprador en una compra por impulso. Los Hipers, muchos de ellos de origen francés sí que “pisan” poco el mercado; si pueden todo lo que venden aquí, viene de su país.

El Horeco sigue creciendo y sus proveedores, instalados en el recinto, se especializan en formatos y “estrellas”. Algunos no pueden aguantar el ritmo, pero otros crecen rápidamente absorbiéndolos. Algunos se especializan en la IV y V gama y aciertan plenamente su estrategia. Es un sector, como casi todo el fresco, con un rápido y vital movimiento comercial. Es un buen ejemplo.

Y la exportación también sigue en auge. Surgen grandes especialistas que crecen en origen y en destino (Almería lidera el ranquin). A todas horas y en todos los pabellones del mercado hay grupos de “extranjeros” acompañados o no por “nacionales”. Realmente el *Mercat Central de Fruites i Hortalisses* de Mercabarna se ha convertido en un gran mercado Internacional. El Mercado de Saint Charles en Perpiñán sufre.

Dos sectores, muchas veces convertidos en uno se mantienen estables a través de los años. El mayorista de origen y el ambulante. Parece como si el terremoto comercial de todos estos años no los haya afectado y es que es así. Entre los dos siempre ha estado oscilando sobre el 10 % del total. Un porcentaje a tener en cuenta.

2014/...

De este último tramo no lo he vivido en directo, pero por interés personal me lo han contado, leído y explicado. Observar la evolución de la tipología de las tiendas en la calle es un Máster. Las tendencias se mantienen, como es la baja en el tradicional por los mismos motivos explicados hasta ahora. A destacar un cambio importante en las tiendas tradicionales en la calle ya presumible estos últimos años. El fuerte crecimiento de los inmigrantes al frente de este tipo de negocios de frutas y hortalizas: orientales (básicamente chinos) y latinos (mayormente colombianos y bolivianos), han ido acaparando este segmento con estrategias bien diferentes. Los primeros se dirigen a un consumidor que busca precio y por tanto calidades reducidas pero los latinos han invadido la parte alta de la ciudad con calidad y buen servicio. Sin duda los amplios horarios siguen siendo una baza que juegan todos. En este sentido los “paquis” abrieron el melón y el resto se ha apuntado. Ya no hay festivos con tiendas cerradas en los barrios de Barcelona. Compran en grupo, lo hacen siempre sin abandonar su lengua, regatean mucho, ... pero pagan bien. Algún mayorista ha fichado como vendedor gente de su raza. Cualquier fórmula para captar clientes sirve.

Pero el gran avance lo ha seguido dando la exportación. Depende de productos, épocas y pabellones, más de una cuarta parte del comprador en estos momentos no es del país y esto

teniendo en cuenta que muchos de ellos ya no “pisan” el mercado, sino es porque hay algún problema, y son sus propios proveedores quienes les suministran. Aquí también ha habido “grandes batallas” para hacerse con espacios de poder..., pero para los emprendedores ha habido suficiente espacio.

Resumen y conclusiones

Realmente repasando los cinco decenios, el cambio de la tipología de compradores en este último ha sido muy importante. Seguramente muchos otros motivos podríamos encontrar, algunos los hemos apuntado, otros los intuimos, pero la realidad es que, a nivel sociológico, son para analizarlos en profundidad. Seguramente alguien puede apuntar alguno más, pero quiero destacar los que creo más significativos:

- El declive del monopolio del sector tradicional.
- La importancia de los horarios comerciales con en la aparición de otros segmentos.
- El auge de la distribución moderna y la consolidación de unas superficies determinadas.
- La especialización como proveedores del sector Horeco y el valor añadido.
- El papel de la inmigración, cada uno buscando su segmento de mercado.
- La internacionalización del mercado interior. Buena oferta + horario adecuado. ¿Clave del éxito?

5. 1986: Incorporación de España a la CEE

Nos acercábamos al año 1986, año fijado para la entrada de España en la Comunidad Económica Europea y la visión que tuvimos desde un mercado interior seguramente era bastante diferente que la que podía tener el sector productivo español en general. La imagen que daba la prensa es que los productos españoles invadirían Europa por calidad y precio y desde el propio mercado asistíamos asombrados a constantes visitas de técnicos, productores y responsables de las administraciones de los países vecinos, sobre todo franceses, que no paraban de preguntar e indagar sobre cómo funcionaba el mercado, tipo de clientes, consumos, envases, etc. Era un no parar de estudiar y trabajar como funcionábamos y qué preparación se estaba desarrollando para el futuro inmediato. Nunca tanta gente se había interesado por las estadísticas de los productos en los últimos años. A veces avisaban de sus visitas y otras los encontrabas paseando, fotografiando y preguntando cualquier duda.

En resumen, la mayoría de los países productores europeos llegaron al año de la integración de España con un profundo conocimiento de cómo había que actuar para entrar con éxito a este “nuevo mercado” y esto se puso rápidamente en marcha. Los porcentajes de productos de importación empezaron a subir y no solo por los productos que no se producían en el país sino también aquellos para los que, fuera de temporada, no había alternativa.

Como podemos ver en la Tabla 2, la procedencia del producto catalán ha bajado a la mitad en estos 30 años, el del resto del estado español ha crecido, sobre todo por el efecto Almería y el de importaciones, si antes del 1986 constituían sobre el 10 % del total, formadas básicamente por productos exóticos como piña, kiwis, en estos 30 años se ha triplicado, abarcando productos como tomates, puerros, lechugas y perejil, ... en pequeños porcentajes y, sobre todo, patatas y

1. Panorama general

cebollas en importantes porcentajes. En el caso del tubérculo, llegó a representar puntas del 80% del total de la patata comercializada en el mercado.

Muchos entendieron por qué tantas visitas y preparación de lo que les venía encima.

Tabla 2. Procedencia de los productos hortícolas en Mercabarna durante las últimas décadas

Procedencia productos hortícolas (%)						
	1981	1993	2005	2010	2015	2020
Cataluña	53	25	21	21	25	16
Resto España	39	54	45	49	47	55
Importación	8	21	34	30	28	29

6. La concentración en la oferta

A finales de la década de los setenta la superficie comercial y por tanto de venta en el *Mercat* eran 42.285 m2 repartidas en 416 puestos o paradas que, en el año 1990, con la incorporación del *Mercat de l'Hospitalet*, llegaron a las 460 paradas con 47.648 m2.

En la década de los 80 la dirección de Mercabarna y la Junta de mayoristas contrataron un estudio de análisis y diagnosis estratégica del sector; éste fue realizado por el Institut Cerda y entre sus conclusiones destacaba la necesidad de reducir y concentrar el número total de operadores para a medio y largo plazo ser un mercado competitivo.

En este sentido se llevaron a cabo unas negociaciones y posteriores pactos con la Junta del Gremio de Mayoristas que comprendían una serie de medidas para facilitar y canalizar el objetivo de crecimiento de los mayoristas. Destaquemos los más significativos:

- Financiamiento por parte de la dirección
- Eliminación de la tasa municipal
- Permutas obligatorias con indemnización simbólica pactada
- Obligatoriedad de la información de venta de un puesto a los vecinos colindantes
- Participación simbólica en el valor del traspaso como coste de la operación. Una parte de este porcentaje era para Mercabarna, otra para el Gremio y una tercera para promoción del *mercat*, tal como hemos ya explicado
- La entrada de un operador externo o nuevo no contaba con estas ventajas.

Estos son las cifras a través de los años, creemos que es evidente que el objetivo propuesto se ha cumplido (Tabla 3). Ahora está estabilizado. Hay que reconocer que hubo momentos que el Tribunal de la Competencia no lo veía claro y hubo que dar explicaciones de todo el proceso.

Tabla 3. Evolución del número de operadores en Mercabarna

Años	1980	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Nº Operadores	375	293	267	221	186	161	152	140

7. Integración del *Mercat Central del Hospitalet de Llobregat*

El 13 de diciembre del 1989 se inauguró la ampliación de cuatro pabellones del *Mercat Central de Fruites i Hortalisses* de Mercabarna para integrar los mayoristas procedentes del *Mercat Central del l'Hospitalet de Llobregat* (Figura 5).



Figura 5. Inauguración de la incorporación del *Mercat de l'Hospitalet* con los dos alcaldes

Las incorporaciones de estas nuevas empresas, que se distribuyeron en 44 nuevos puestos de venta, supusieron la unificación de la venta al por mayor de productos hortofrutícolas en el área metropolitana de Barcelona. Venir a Mercabarna fue un paso adelante para los nuevos asentadores, ya que se trasladaron a un espacio que, además de superar las deficiencias estructurales del antiguo equipamiento, mejoraba sus expectativas comerciales y les ofrecía la oportunidad de seguir creciendo.

Según reconocía **Antonio González**, Presidente del Mercado integrado, el *Mercat de l'Hospitalet* estaba obsoleto, colapsado, no disponía de muelles de descarga y la pérdida de clientes era evidente. Los más reticentes al cambio reconocieron con posterioridad que el tiempo demostró que el cambio era necesario y un acierto. *“Allá no había el futuro que hemos tenido con las dimensiones internacionales de Mercabarna.”*

Hubo una gran labor de negociación entre la *Junta del Mercat* y la dirección de Mercabarna para superar todos los obstáculos que había. Nada fue fácil.

Estaba todavía por resolver definitivamente el conflicto de cambio de horario y los responsables de comercio de la Generalitat manifestaban públicamente su preocupación. Se habían planteado mantener e impulsar el *Mercat de l'Hospitalet* en otra ubicación ante la posibilidad de que el conflicto se enquistara. Pero aquí la rápida, ágil y transparente negociación con los usuarios de aquel *Mercat* lo resolvió. *“No habrá beneficio para Mercabarna, se os repercutirá el costo de las obras y nada más y se negociara la ubicación de todos los empresarios de común acuerdo entre las dos partes”*. Estas palabras de **Jordi Maymo** canalizaron positivamente la negociación. Hay que reconocer la actitud positiva de los mayoristas de Mercabarna al aceptar la integración. Más oferta, pero también más demanda. Las consecuencias del cambio de horario fueron también un argumento que ayudó en el proceso.

1. Panorama general

Destaquemos también las obras complementarias para descongestionar las naves que se hicieron, con la construcción de muelles laterales y transversales al lado de los aparcamientos que incrementaron significativamente la capacidad de los puntos directos de carga y descarga de vehículos.

La alegría se vio reflejada en un alza de tonelajes y precios en el año siguiente. El *Mercat*, en definitiva, es una “*bolsa*”. La sustitución por mercancías cualitativamente mejores, el incremento de productos importados de mayor calidad, mejor presentados y naturalmente más caros, así como el aumento de la “*exigencia*” mediana del comprador, influyeron claramente en el efecto precio.

Se aprovecharon también las obras de la integración para establecer un nuevo y bien situado espacio para los productores que diariamente vienen a vender directamente sus productos.

8. Supresión de envases recuperados

Quiero destacar una campaña que desarrollo la dirección de Mercabarna que tuvo mucha repercusión. Fue en el año 1990 y se trató de la supresión del uso de los envases recuperados de un solo uso. Se llevo a cabo en colaboración con el Departament d’Agricultura, Consum i Comerç de la Generalitat. Había un verdadero “*mercado negro*” de este tipo de envases que era ilegal, ocupaba muchos espacios y no beneficiaba en nada al producto y a la cadena de valor del mismo. Sencillamente la campaña consistió en no dejar acceder a este tipo de envases al recinto controlando las entradas. Los primeros días áreas del Consorci de la Zona Franca se llenaron de este tipo de envase, pero con el tiempo se fue regularizando y desaparecieron.

9. 1988 / 1989: cambio de horario

El cambio de horario había sido una histórica reivindicación del sector mayorista a lo largo de buena parte de su historia. Ya en la década de los setenta, al poco del traslado desde el *Mercat* del Born hubo discusión y negociación al respecto. Como vendedores y compradores no se ponían de acuerdo, se propuso y llevó a cabo un doble horario de prueba y el mayor éxito de las dos opciones sería la que se aplicaría: Se mantenía el horario nocturno, ya más adelantado del que se aplicaba en el Born (entre las 3 i las 8 h de la madrugada) y se complementaba por la tarde con un horario aproximado entre las 16 a 21 h. Poco tiempo duro la prueba pues la mayoría de los compradores se decantaron por el histórico de madrugada. Aquí acabó el debate por unos años. No olvidemos que más del 80% de los compradores eran de pequeños puestos y el producto iba del vehículo al “*mostrador*”. La inmensa mayoría no tenían almacén donde guardar el producto y los mercados no estaban acondicionados para ello. Y pasaron muchos años sin que lo estuvieran y previeran. Esto explica muchas cosas.

Pero como hemos visto, en todo el proceso los compradores iban evolucionando, cambiando, y sus necesidades eran otras. Entre la compra y la venta precisaban de un tiempo y un espacio mayor. Y aquí empezaron a cambiar las circunstancias. Cada vez el mercado empezaba más pronto y así el horario de apertura fue adelantando de las 3, a las 2, a la 1 y las 24 horas. No todos los mayoristas abrían más pronto. Estaba en función de la tipología de su clientela. Y de

esta forma llegó un momento que había dos mercados solapados. Desde media noche hasta hacia las 4 h unos pocos empresarios servían bastante generoso a unos pocos compradores digamos de más lejanía o tamaño y el habitual de 4 a 8 h era para la mayoría de compradores más tradicionales con menos poder de compra. Era un poco ridículo observar que a las 4 h sonaba una sirena de inicio de la venta y se encendían las luces “públicas” de la exposición del producto cuando ya hacía horas que el *mercat* funcionaba. Se trataba de una situación difícilmente sostenible en el transcurso de los años. El mercado estaba roto y **había que reflexionar sobre su futuro.**

Todo este embrollo coincidió con elecciones en la Junta del Gremio mayorista. Se presentaba una junta nueva con un programa muy renovador que llevaba por título “*vamos a cambiar el horario*”. Ganaron los renovadores y durante un tiempo esta Junta encabezada por **Joan Llonch** se reunió con grupos de mayoristas para su mentalización y apoyo. Hasta aquel momento el Gremio había estado en manos de empresarios de origen valenciano. Recordemos la importancia de los críticos en el mercado.

Fue en el mes de diciembre del 1987 cuando los empresarios dieron el paso unilateralmente y anunciaron que a principios del 1988 el horario sería de tarde noche. No hubo consenso a pesar de las negociaciones con la administración municipal. La fuerza del Gremio de detallistas encabezados por **Pere Llorens** todavía tenía un peso importante en el sector y en la propia administración. Hubo confrontación abierta cuando la mayoría de los mayoristas decidieron cerrar sus puestos justo cuando empezó a ser el horario “oficial” a las 4 h. Durante un largo periodo de tiempo se sucedieron negociaciones, protestas y reivindicaciones hasta llegar al acuerdo definitivo en el mes de junio del 1989. En el intervalo se hicieron muchos pactos. Entre ellos se aprobó un horario de invierno de tarde y uno de verano de noche, pensando en la vida del producto y la temperatura; solo funcionó mientras duro el horario de tarde y así se llegó a un acuerdo final decantado claramente por el cambio propuesto por los mayoristas. Había razones objetivas como la adaptación a las nuevas formas de comercio y a las necesidades de clientes como la gran distribución y la hostelería. A este básico argumento había que añadir el relevo generacional de las empresas y la conciliación familiar, así como la incorporación de las mujeres en el *mercat* fue clara y la mediana de edad bajó ostensiblemente. En resumen, el *Mercat* se profesionalizó. Las razones de los detallistas tradicionales, que querían mantener el horario nocturno, eran que en muchos casos no disponían de cámaras frigoríficas para guardar sus productos, una situación que fue cambiando.

En todo el conflicto quiero destacar el papel jugado por la dirección de Mercabarna (Figura 6). Si bien es cierto que al principio podía tener alguna duda sobre la respuesta que tendría toda la gama del sector comprador, cuando se percibió lo que representaba “*para el futuro del mercat*”, jugó un importante papel de mentalización para con la administración municipal y entendemos que acabó decantando la balanza con los argumentos y, sobre todo, acelerando este proceso en el tiempo.

Con el paso de los años se ha puesto en evidencia que el cambio de horario ha sido fundamental para el impulso nacional e internacional de este mercado interior y de las empresas que se ubican en el mismo. El gran salto que ha realizado este recinto y sector se basa en tres grandes razones: Una extraordinaria oferta, una potente zona de actividades complementarias y el

cambio de horario. Las tres cierran el círculo del éxito de un mercado interior que ha traspasado fronteras.



Figura 6. Conflicto, reflejado en los diarios, por el cambio de horario

Curiosamente, durante muchos años una gran cantidad de mercados lo han intentado pero la mayoría no lo han conseguido. No fue, ni es, fácil conseguirlo. Muchas circunstancias se dieron para el éxito y su puesta en marcha.

Quisiera hacer un público reconocimiento a las dos personas que más hicieron para conseguirlo, Llonch y Maymo pero también me gustaría recordar a los dos profesionales que consiguieron mantenerlo haciendo frente a fuertes presiones interesadas, algo que tampoco fue fácil, Josep Faura y Gonzalo Fernández-Váldes.

10. Campañas de promoción

¿Qué es prioritario en un mercado: la oferta o la demanda? En primer lugar, una oferta completa que sin duda revierte en una buena demanda y así continuamente se retroalimentan. Pero para llegar a ello hay que pensar en promocionar y dar a conocer el recinto y el sector y esto es precisamente lo que se hizo en Mercabarna, con la clásica colaboración entre la dirección y los empresarios. Una vez más, mediante un oportuno diálogo que ayudara a avanzar, acordamos que la promoción se financiaría con aportaciones pactadas con un porcentaje de todos los traspasos que se hacían, que iría a un fondo común de promoción de todo el mercado. El aspecto más necesario y debatido en cada momento con una notable diferencia que si el traspaso era reducción de operadores en el mercado con un porcentaje más bajo o si el traspaso comportaba crecimiento de firmas con un porcentaje más alto de superficie (esto se explica en el apartado de "Concentración de la oferta" con más detalles). Asimismo, la fuente de financiación de la

campaña 5 al día fue sufragada al 50 % entre el Gremio de mayoristas y la dirección de Mercabarna.

No voy a poner todas las campañas que realizamos, pero si las más significativas que con el paso del tiempo dejaron una importante huella en el crecimiento de la demanda y el conocimiento del *mercat*:

- Campaña internacional dirigida a “*grossistes*” (mayoristas) del Sur de Francia y Norte de Italia:
Se realizó en el año 1994 y consistió en el envío de una caja con unas zapatillas de deporte y un catálogo explicativo del *mercat de Fruites de Mercabarna* (Figura 7). El mensaje era claro: ven a pasear por el “*Mercat*” y conocerás su generosa oferta. Para ello invitábamos a todo el que viniese a los desplazamientos y peajes y lo acompañábamos por el recinto, aparte de invitarlos a comer. La fuente de los contactos nos la facilitaron las empresas de promoción de los dos países. Rentabilizamos las visitas que tuvimos en la incorporación de España a la CEE. Creo que con esta promoción se puso la primera semilla de la internacionalización del actual “*Mercat*”.
- Mas adelante, en el año 1997, realizamos un Forum sobre **la Internacionalización de los mercados de Frutas y Hortalizas, Fitech**, y Exposición paralela, **Mercafruit**. Contamos con Ediciones Horticultura como organizadores. **Fitech, Foro Interprofesional de Tecnología Hortícola**, era un encuentro internacional, foro de debate e intercambio de experiencias sobre toda la cadena agroalimentaria desde la producción hasta el comercio. El Mercafruit fue la primera exposición de frutas y hortalizas con sus respectivos complementos, envases, etiquetas, maquinaria poscosecha, etc. Durante tres días del mes de marzo, Mercabarna fue sede de un foro y una exposición internacional donde participaron más de 40 profesionales de todo el abanico hortofrutícola. Tuvo una importante repercusión, puesta de manifiesto conforme avanzaban los años y los acontecimientos.
- En plena efervescencia de promoción del sector en general y del *mercat* en particular, en el mes de marzo del 1998 organizamos el primer **Merca-Rest** que fue una plataforma de diálogo entre mayoristas especializados y la restauración. También con la fórmula de un Simposio (Jornada sobre la oferta de productos perecederos a la restauración y las colectividades) y un Showroom (punto de encuentro de la oferta y la demanda de alimentos perecederos para la restauración y las colectividades). Contamos con expertos en la alimentación fuera del hogar (TOM; Trade Organizations management) y la prestigiosa revista “*Caterdata*” como colaboradores. La importancia que estaba adquiriendo la alimentación fuera del hogar precisaba de una reflexión desde el punto de vista de un *mercat* interior. Fue un éxito de asistencia y de contactos.
- La Campaña 5 al día que se viene celebrando en el *Mercat* de Mercabarna desde el año 1999, donde el Gremio de mayoristas y la dirección de Mercabarna son los promotores y organizadores (Figura 8). Consiste en una visita de dos escuelas tres días por semana, por todo el recinto del *Mercat* y de los almacenes de la ZAC de plátanos y patatas. Es una inmersión de los infantes en el mundo de la fruta y hortaliza que conocen, degustan y consumen. Fomentar los hábitos de alimentación sostenible y la promoción del consumo de frutas y hortalizas entre los niños y familiares. Fue pionero en el estado

1. Panorama general

español. El horario diurno del mercado ayuda a realizar la promoción. Ya han pasado más de 100.000 escolares participantes de esta exitosa campaña.

- Presencia bianual en Alimentaria, conjuntamente con la Asociación gremial de frutas y Hortalizas; era una cita ineludible en el marco de la internacionalización del sector.



Figura 7. Campaña internacional de promoción del Mercat



Figura 8. Campaña 5 al día en el Mercat

Los anteriores son cuatro ejemplos de las muchas actividades que se han realizado de promoción a lo largo de estos últimos años. Todas ellas con finalidades muy claras y definidas y que vista la actual potencia de Mercabarna ha dado sus buenos frutos. Solo recordar el papel que durante muchos años jugó el Marche de Saint Charles en Perpiñán y el que juega ahora después de la explosión internacional de Mercabarna.

11. Comercialización de Hortalizas: estadísticas

A lo largo de los años Mercabarna experimentó un claro aumento en el tonelaje de frutas y hortalizas comercializadas (Figura 9), y algo similar ocurrió con los precios pagados por estos productos (Figura 10).

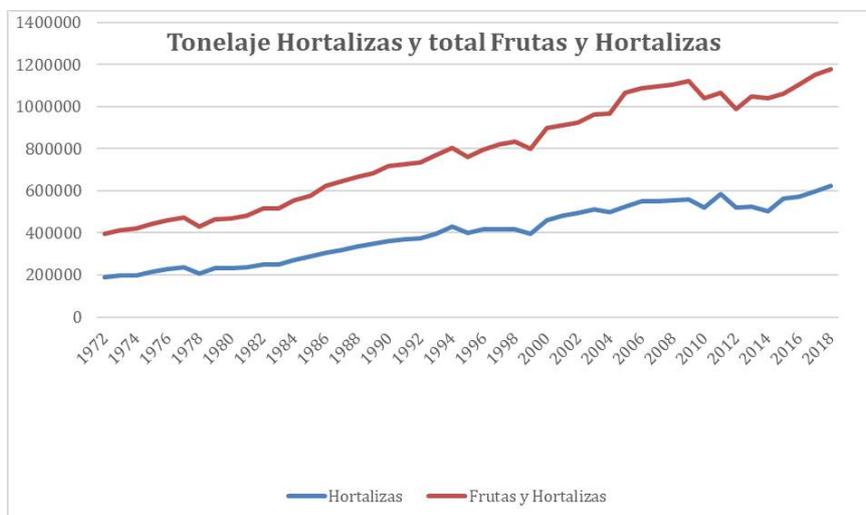


Figura 9. Evolución de las toneladas de frutas y hortalizas comercializadas en Mercabarna

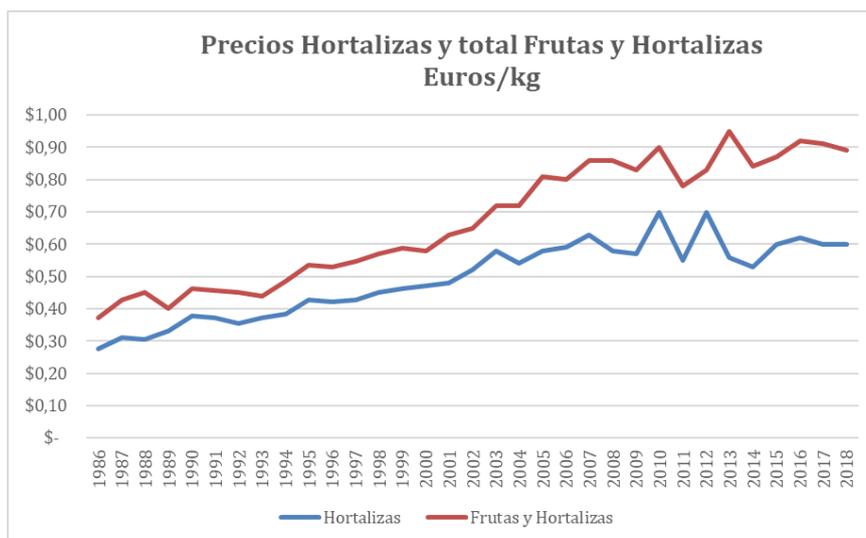


Figura 10. Evolución de los precios de las frutas y hortalizas comercializadas en Mercabarna

Para completar la información estadística aportamos la Tabla 4 con los tonelajes de tres de los productos (un tubérculo y dos hortalizas) más significativos del *Mercat* los últimos 35 años:

- El crecimiento exponencial de las patatas es muy importante llegando a multiplicar por cinco las cifras de comercialización.
- También crecen los tomates, pero no con la misma pendiente. Podríamos decir que casi doblan las cifras del período
- En cambio, la lechuga su crecimiento es más sostenible. Esta línea de producto ha experimentado una gran diversificación a través de la emergencia de nuevas variedades y especies tipo iceberg, cogollos, endivias, ... que han enriquecido la gama de "lechugas" propiamente dichas. Las estadísticas sólo reflejan los datos de las lechugas "larga" o "romana".

1. Panorama general

Tabla 4. Evolución de las ventas en toneladas de los tres productos significativos en Mercabarna

	1983	1988	1993	1998	2003	2008	2013	2018
Patatas	49131	72607	96456	111204	178839	197664	215546	249751
Tomates	49070	66273	69906	76675	87632	84180	72755	81994
Lechugas	27938	42607	52647	54624	56965	49856	33492	39816

12. Pabellón Biomarket

El pabellón Biomarket es el nuevo *mercat* mayorista de alimentos frescos y ecológicos inaugurado el otoño del 2020. Una nave de 8500 m² que también ofrece espacio para agricultores de proximidad que pueden ocupar cada día de forma variable.

Los objetivos que se pretende alcanzar son:

- En primer lugar, acercar este tipo de productos a los canales de compra habituales.
- En segundo lugar, dar respuesta a la mayor demanda del sector mayorista
- También, agrupar las empresas para facilitar su comercialización y promover su competencia.

Tiene el mismo horario de venta que el *Mercat Central de Fruites i Hortalisses*, de 9 a 17 h de lunes a viernes.

Cuenta con la certificadora oficial es el CCPAE (Consell Català de la Producció Agrària Ecològica), cuya función es auditar y certificar las empresas que comercializan productos agroalimentarios ecológicos en Cataluña, ofreciendo su garantía de calidad.

El Biomarket forma parte de la estratégica "*Barcelona come sostenible*" que apuesta por una alimentación saludable y respetuosa (Figura 11).



Figura 11. Pabellón Biomarket

Agradecimientos

Quisiera de entrada agradecer a los promotores de este proyecto, Alicia Namesny y Pere Papasseit, la oportunidad de poder desarrollar este capítulo del libro en base a mi experiencia y conocimiento de haber estado al frente de los Mercados mayoristas de Mercabarna más de 30

años. He intentado recoger los puntos más significativos, con el objetivo manifestado y explicitado por los organizadores.

Creo que la palabra Horticultura ha estado durante muchos años ligada a estos dos profesionales que en base a su conocimiento y divulgación han llegado a toda la cadena de valor de la huerta desde la producción al consumidor. Gracias a ellos, a sus publicaciones y fotos la horticultura es más conocida por el total de todo el sector. *Gràcies Pere i Alicia.*

Es posible que en alguno de ellos me haya excedido en las explicaciones, pero me ha parecido importante y significativo por lo que representa toda la información que se deriva del proceso en todos estos años. Es un poco una buena parte de la historia de este *Mercat Central interior* y como dirían algunas escuelas de negocio un caso de éxito. A destacar que una buena parte de este éxito conseguido ha sido el dialogo y la negociación entre los operadores, a través de sus asociaciones, y la Dirección de Mercabarna.

**FRUIT
LOGISTICA**

Berlin
8|9|10 Feb 2023



All in ONE

La industria mundial de la
fruta fresca en un solo lugar.

fruitlogistica.com

FRUITNET



Messe Berlin

200 years hosting the world

1.3. Mercado exterior: 1975-2019, el milagro hortofrutícola español

Francisco Borrás Escribá

paco@pacoborras.com

Paco Borrás Consulting

Índice

1. El inicio: 1975
 - 1.1. Productos que se exportaron aquel año
 - 1.2. Zonas exportadoras en 1975
 - 1.3. Medios de transporte
2. Hitos en el camino: 1975-2019
3. Exportaciones de cítricos: 1975-2019
4. Exportaciones de frutas no cítricas: 1975-2019
5. Exportaciones de hortalizas
6. Zonas exportadoras: 1975-2019
7. Conjunto de las exportaciones de frutas y hortalizas: 1975-2019
8. Posición de España y sus exportaciones a nivel internacional
9. ¿Por qué ha sido posible este “milagro” hortofrutícola?
10. ¿Y el futuro?

Resumen

En el año 1975 España no estaba en el mapa. Sin embargo, en 1975, en el mundo los cítricos españoles eran conocidos y las naranjas valencianas especialmente valoradas. Pero, 45 años después, España es el líder mundial de las exportaciones hortofrutícolas, el líder europeo en producción hortofrutícola, sus exportaciones llegan a más de 100 países, es el país donde se concentra el mayor número de centrales de compras de las grandes cadenas de distribución y sus exportaciones hoy equivalen a la suma de las de Italia, Francia, Bélgica, Holanda y Alemania juntas.

Varios factores han influido en que se produzcan una serie de alineamiento de astros para en solo dos generaciones se produzcan estos cambios que no solo han supuesto el que España entrara en el mapa, sino que han cambiado el paisaje de casi todas las zonas españolas, desde Extremadura, las comarcas onubenses, el valle del Guadalquivir, la costa tropical de Andalucía, las comarcas antaño casi desiertas de Almería, las huertas murcianas y valencianas, el valle del Ebro, las dos mesetas castellanas e incluso las comarcas gallegas. En todas sin excepción y en general a partir de hijos de los históricos agricultores, hoy el panorama hortofrutícola ya no tiene

1. Panorama general

nada que ver con el de 1975. Entenderlo, analizarlo e imaginar su futuro es el objetivo de esta reflexión en voz alta.

1. El inicio: 1975

1.1. Productos que se exportaron aquel año

Los cítricos marcaban el paso, representando el 66,13% del total de productos hortofrutícolas comercializados en 1975 (Tabla 1). Además, los cítricos señalaban el camino ya que su historial en ese momento de más de un siglo de actividad exportadora había ubicado en Europa a las personas que empezaron a intuir las posibilidades de España como país productor por las características climáticas y las posibilidades de cultivos. Los hijos y familiares de los exportadores de cítricos, que desde finales del XIX empezaron a salir primero hacia los puertos donde se realizaban las subastas de las naranjas que llegaban por vía marítima y los que después de la II Guerra Mundial empezaron a llegar a los grandes mercados de abastos en los diferentes países de Europa, pronto entendieron que de la misma forma como se preocupaban por las ventas de sus cítricos, podían ofrecer otros productos, que intuían era posible cultivar en España, igual que lo hacían en Italia o el sur de Francia. Fueron jóvenes, que aprendieron pronto los idiomas correspondientes y fueron los mejores embajadores de los productos españoles.

Tabla 1. Exportaciones españolas en 1975 (Tm)

HORTALIZAS	1975	FRUTAS NO CITRICAS	1975	CITRICOS	1975
CEBOLLAS	149.973	PERAS	14.005	NARANJAS	1.035.713
PATATAS	94.367	MANZANAS	4.361	MANDARINAS	478.206
<i>Historicas</i>	244.340				
		<i>Fruta de Pepita</i>	18.366	<i>Naranjas y Mandari.</i>	1.511.919
TOMATE	216.398				
PEPINO	38.259	MELONES	63.389	LIMONES	89.979
PIMENTO	7.263	SANDIAS	10.550	POMELOS	2.291
BERENJENAS	4.797	<i>Melones y Sandías</i>	73.939	<i>Limonos y Pomeios</i>	92.270
<i>Cultivo Protegido</i>	286.717			TOTAL	1.626.611
		UVA MESA	111.950		
ALCACHOFAS	31.040	FRUTA HUESO	42.158		
ENSALADAS	22.914	GRANADAS	5.112	CITRICOS	1.626.611
APIO	11.192	BERRIES	817	HORTALIZAS	580.602
ZANAHORIAS	3.948	OTRAS	184	FRUTAS NO CITRICAS	252.526
COLES	324			TOTAL	2.459.739
ESPARRAGO	127	TOTAL	252.526		
<i>Cultivo Aire Libre</i>	69.545			CITRICOS	66,13%
				HORTALIZAS	23,60%
TOTAL	580.602			FRUTAS NO CITRICAS	10,27%

Fuente: Informes-Resumen Campaña de exportación Ministerio de Agricultura. Dirección General de la producción agraria. Servicio de Inspección Fitopatológica

Miremos con cierto detalle los productos que España exportaba en 1975. En hortalizas, vemos como hubo algunos capítulos claves. Por un lado, las cebollas, de fácil manejo y conservación y, por otro lado, las patatas de tipo “tempranas”, destinadas a países mucho más potentes en patatas que España. No obstante, la precocidad que daba España permitió iniciar unas exportaciones en primavera que ningún otro país, excepto el Sur de Italia podía.

La novedad vino de la mano de los tomates y los pepinos de Canarias, que empezaron a llegar por vía marítima a Inglaterra y Holanda, trasladando después su saber hacer a las costas de Alicante y Murcia.

Estas dos partidas, representaban en aquel momento el 85% del total de las exportaciones de hortalizas. Empezaban a verse otros productos como las alcachofas y el apio del Campo de Cartagena, que supusieron aquel año más de 42.000 Tm, o sea un 7,60% del total de hortalizas.

Era relevante el capítulo de ensaladas, 22.914 Tm, pero no las que se conocieron después. La inmensa mayoría eran escarolas y trocadero cultivados en Valencia.

Como se puede ver en las estadísticas, la futura gran Almería aún no existía. Pimientos, calabacines o berenjenas casi no se producían y, parte de los que vemos, se cultivaban en Valencia y Alicante.

En frutas, el primer capítulo lo representaba la uva de mesa, y fundamentalmente las variedades tardías, Ohanes y Aledo que representaban el 85% del total de las exportaciones y que se cultivaban en su mayoría en octubre, noviembre y diciembre. La mayoría de estas producciones estaban centradas en Almería y Murcia. El cubrimiento con plástico de los parrales de Ohanes en Almería, fue uno de los inicios de los invernaderos en la zona.

El otro gran capítulo en frutas fue los melones, y dentro de ellos el “amarillo liso”, que se plantaba principalmente en Murcia y se destinaba específicamente para exportación, ya que en nuestro mercado interior ni era conocido ni apreciado. Le seguían las frutas de hueso, cuyo paso en aquel momento estaba marcado por los albaricoques de Murcia y Valencia, aunque el 4 de junio era una fecha maldita, ya que a partir de aquel momento la producción francesa aplicaba las cláusulas de salvaguarda del entonces mercado Común Europeo y se nos imponían unas tasas compensatorias tan enormes que nos sacaban del mercado europeo, quedándonos sólo con Suiza como posible destino de nuestras exportaciones de albaricoques. Se quedaban durante unas semanas los melocotones, hasta que empezaba la campaña francesa de los Pirineos Orientales y se desarrollaban campañas más regulares de ciruelas.

En la zona del valle del Ebro, con una producción casi exclusiva de manzanas y peras, sólo las primeras peras de la campaña, ercolinas y limoneras, realizaban tímidas campañas de exportación, hasta que Italia y otros países empezaban sus campañas.

Las granadas de la zona de Elche estaban presentes en aquel momento en cifras relevantes para el momento.

1.2. Zonas exportadoras en 1975

Nos hemos permitido la licencia de hablar de Comunidades Autónomas, aunque el concepto administrativo no apareció hasta 1982, pero nos sirve la agrupación.

Vemos que el liderazgo de la Comunidad Valenciana era evidente, seguido de Murcia y Canarias (Tabla 2). En aquel momento hasta en hortalizas y frutas, el peso de Valencia era altamente significativo ya que como hemos dicho se notaba la vena exportadora, que no solo venía de los cítricos que se habían iniciado con fuerza a finales del siglo XIX, sino que había conocido etapas importantes de la mano de la uva de mesa y las pasas, especialmente en la primera mitad del

1. Panorama general

pasado siglo. La región de Murcia, apuntaba maneras, Canarias vivía su momento de gloria por el tomate y Andalucía apenas destacaba.

Tabla 2. Exportación hortofrutícola por zonas en 1975 (miles de Tm)

CCAA	CITRICOS		HORTALIZAS		FRUTAS		TOTAL	
C. VALENCIANA	1.404	84,99%	247	44,50%	72	28,57%	1723	70,07%
REGION DE MURCIA	231	13,98%	34	6,13%	77	30,56%	342	13,91%
CANARIAS	0	0,00%	192	34,59%	0	0,00%	192	7,81%
ANDALUCIA	17	1,03%	43	7,75%	89	35,32%	132	5,37%
RESTO ESPAÑA	0	0,00%	39	7,03%	14	5,56%	53	2,16%
TOTAL	1.652	100,00%	555	100,00%	252	100,00%	2459	100,00%

Fuente: Informes-Resumen Campaña de exportación Ministerio de Agricultura. Dirección General de la producción agraria. Servicio de Inspección Fitopatológica

1.3. Medios de transporte

El transporte aéreo se limitaba a tomate de Canarias que, en aquel momento, eran muy representativas, ya que 14.000 Tm por vía aérea eran bastante (Tabla 3).

Tabla 3. Medios de transporte utilizados en función del tipo de producto (miles de Tm)

MEDIOS DE TRANSPORTE CAMPAÑA 1975-76 . Miles de Toneladas.				
PRODUCTO	FERROCARIL	CARRETERA	MARITIMO	AEREO
CITRICOS	759	814	37	0
UVA	35	84	6	0
FRUTA DE HUESO	13	40	0	0
MELON	31	58	3	0
SANDIA	2	14	0	0
OTRAS FRUTAS	2	9	0	0
CEBOLLAS	38	53	32	0
PATATAS	31	58	52	0
TOMATES	14	85	112	14
OTRAS HORTALIZAS	1	11	45	0
	925	1.225	287	14
% / Total	37,74%	49,98%	11,72%	0,56%

Fuente: Informes-Resumen Campaña de exportación Ministerio de Agricultura. Dirección General de la producción agraria. Servicio de Inspección Fitopatológica

La vía marítima se estaba apagando en comparación a las dos décadas anteriores, ya que estaba presente en cítricos, especialmente para Escandinavia, el final de las uvas de Almería y Murcia por esta vía, cargas relevantes de patatas tempranas de las Baleares y cebollas y sobre todo las cargas de Canarias que básicamente eran tomates y pepinos.

Pero es en el transporte terrestre donde se había producido en la década de los 50 un hecho digno de mención, la creación por Transfesa, de vagones de ejes intercambiables y de una estación en Cerbère de cambio automático de ejes con lo que los vagones que se cargaban en los almacenes de cítricos, patatas, cebollas o melones, llegaban originales a muchos mercados

mayoristas de Europa que disponían de estaciones de ferrocarril. Transfesa dio servicio con vagones frigoríficos, alimentados con hielo que permitió cargas de fruta de hueso (Figura 1).



Figura 1. Revisión por parte del Fito o Soivre de cítricos en vagones Transfesa. Imagen de un Transfesa cargado y listo para ser precintado

Sin ese servicio logístico España no hubiera podido avanzar lo que lo hizo hasta ese momento. Solo existía en la principal salida de España un tramo de 530 km de autopista, la AP-7, que se iniciaba en el “semáforo de Europa”, a la salida de Valencia hacia el norte y todos los camiones desde Almería, Murcia o el Sur de Valencia tenían que pasar por el centro de la capital.

A principio de los 90, Transfesa reconvirtió su negocio hacia la industria automovilística y otras y cerró sus servicios para las frutas, dejando la totalidad de las exportaciones de frutas y hortalizas a Europa en manos de la carretera. Probablemente si Transfesa hubiera decidido avanzar en el transporte intermodal, España tendría ahora un buen servicio logístico vía el ferrocarril y el uso del “Corredor Mediterráneo” por las frutas sería un hecho, mucho más sostenible, que sólo camiones.

2. Hitos en el camino: 1975-2019

En realidad, venían de antes los intentos de acercamiento de España a Europa. La primera petición de conversaciones se produjo en 1962, pero quedó claro desde el primer momento que mientras no llegara la democracia a España no se hablaría en serio del tema. Las conversaciones reales se iniciaron en 1979 y se cerraron la firma del tratado de adhesión en junio de 1985, con efecto 1 de enero de 1986.

Pero, la intuición, sobre todo francesa e italiana, sobre el desarrollo que podía tener España en frutas y hortalizas y como podía afectar a sus exportaciones hacia los países del norte del entonces Mercado Común, provocó no solo los largos años de negociación, sino que consiguió imponernos para las frutas y hortalizas un periodo de integración de 10 años, en el que cada año se rebajaban un 10% los aranceles.

Sin embargo, el periodo de ajuste que se hubiera acabado el 1 enero de 1996, se vio adelantado por la puesta en marcha del Mercado Único, que supuso de forma inmediata: **el 1 de enero de 1993 los controles internos de las fronteras entre los países de la Unión Europea fueron abolidos y el Mercado Único Europeo basado en la libre circulación de personas, mercancías, servicios y capital fue estrenado.**

1. Panorama general

Esto fue decisivo, como veremos a continuación, en el desarrollo de todas nuestras exportaciones, para lo cual analizaremos las cifras de los años claves de este análisis: 1975, 1986, 1993 y 2019.

Distinguiremos las tres familias, cítricos, frutas no cítricas y hortalizas y observaremos cómo no siempre los inicios presagian el futuro ya que algunos productos que fueron importantes al principio tuvieron un recorrido muy pequeño y sin embargo veremos cómo innovaciones constantes se han ido incorporando a las cestas de la compra de los consumidores europeos y también a los españoles.

3. Exportaciones de cítricos: 1975-2019

Lo primero que observamos en la Tabla 4 es que el primer producto por el que más nos conocían en Europa, nuestras naranjas, es el que menos ha crecido de todos los cítricos. Y como vemos los limones son en términos absolutos y relativos los ganadores de esta pequeña competición dentro de la misma familia de productos.

Tabla 4. Exportación de cítricos (Tm) desde 1975 a 2019

EXPORTACION DE CITRICOS. Toneladas					Dif. %
	1975	1986	1993	2019	1975/2019
NARANJAS	1.035.713	1.302.334	1.454.649	1.756.863	69,63%
MANDARINAS	476.206	1.051.384	1.165.525	1.371.751	188,06%
NARANJAS + MANDARINAS	1.511.919	2.353.718	2.620.174	3.128.614	106,93%
LIMONES	89.979	338.366	461.161	734.025	715,77%
POMELOS	2.291	9.354	16.062	64.226	2703,40%
LIMONES + POMELOS	92.270	347.720	477.223	798.251	765,13%
TOTAL CITRICOS	1.604.189	2.701.438	3.097.397	3.926.865	144,79%

Fuente: Informes-Resumen Campaña de exportación Ministerio de Agricultura. Dirección General de la producción agraria. Servicio de Inspección Fitopatológica. Datacomex. (1995-2019)

Si bien cabe un comentario sobre la forma de consumo de los cítricos ya que las naranjas y mandarinas son una fruta, mientras que los limones son un aditivo y los pomelos son para zumo. Mientras que el mundo de la fruta no ha parado de incorporar nuevas categorías como los exóticos y los frutos rojos, que han ocupado los lineales de la fruta, el limón más bien ha visto un crecimiento en su uso como aditivo y no se le ve una competencia clara a corto plazo.

4. Exportaciones de frutas no cítricas: 1975-2019

Algunas consideraciones que tenemos que tener en cuenta al observar la Tabla 5 son en primer lugar los productos que en su mayoría son re-exportaciones, como es el caso de plátanos, en realidad bananas, ya que la mayoría de nuestra producción local de Canarias la consumimos en la península y hay un comercio regular de re-exportación. De la misma forma es el caso de las piñas y en un cierto grado de los kiwis que, aunque tenemos ya una producción relevante no lo suficientemente importante para imaginar que los kiwis que exportamos la mayoría sean de nuestra producción.

Tabla 5. Exportación de frutas no cítricas (Tm) desde 1975 a 2019

EXPORTACION DE FRUTAS NO CITRICAS. Toneladas					Dif. %
	1975	1986	1993	2019	1975/2019
PLATANOS	0	4.553	9.036	99.999	
MANZANAS	4.361	22.592	29.529	127.076	2813,92%
PERAS	14.005	33.028	42.523	137.170	879,44%
Fruta de Pepita	18.366	55.620	72.052	264.246	1338,78%
SANDIAS	10.550	125.450	224.801	910.929	8534,40%
MELONES	63.389	131.280	204.320	455.783	619,03%
Melones y sandías	73.939	256.730	429.121	1.366.712	1748,43%
FRUTA HUESO	42.158	81.376	211.840	1.045.006	2378,78%
BERRIES	817	76.504	114.404	440.293	53791,43%
KAKIS	0	0	2	210.088	
UVA MESA	111.950	115.807	127.043	158.002	41,14%
AGUACATES	38	10.024	36.226	119.143	
MANGÓS	0	0	991	44.207	
PIÑA	0	1	554	36.523	
KIWS	0	0	1.323	22.108	
GRANADAS	5.112	8.846	1.168	3.133	-38,71%
OTRAS	48	51.026	8.843	419.335	
TOTAL	252.428	660.487	1.012.603	4.228.795	1575,25%

Fuente: Informes-Resumen Campaña de exportación Ministerio de Agricultura. Dirección General de la producción agraria. Servicio de Inspección Fitopatológica. Datacomex. (1995-2019)

Como anécdota salta a la vista el caso de las granadas, que fue uno de las primeras frutas que exportamos, pero que sin embargo presentan cifras de crecimiento relativas en negativo en este análisis.

Por otro lado, vemos como han aparecido nuevos productos que han cambiado el paisaje de ciertas zonas, como los aguacates y mangos en la costa tropical de Granada y Málaga, los kakis que han cambiado la Ribera del Xúquer, en el sur de Valencia.

Hemos visto crecer las exportaciones de peras y manzanas, después de un gran ajuste producido por la irrupción en tromba de las manzanas europeas a partir de 1985, lo que tuvo dos consecuencias: la reconversión varietal de las viejas plantaciones históricas españolas y la transformación en el valle del Ebro de frutal de pepita a frutales de hueso que explica el gran crecimiento en las exportaciones de ese grupo varietal.

Y por otro lado el adelantamiento que han realizado las sandias sobre los melones, de la mano de la aparición (y posterior consolidación) de las sandias sin pepitas y las sandias de menor tamaño de las viejas variedades, lo que convirtió un producto popular, pero de un nivel muy modesto, en un producto comercial y altamente exportable.

Las uvas de mesa, que constituían el capítulo más grande en volumen de nuestras exportaciones de fruta, son el otro producto clásico que crecido relativamente poco en comparación al resto. Pero las uvas han tenido que sufrir una reconversión varietal enorme y en estos momentos están creciendo de la mano de todas las nuevas variedades de uvas sin semillas, así como de ser

1. Panorama general

acompañadas por cubiertas protegidas de mallas, que han mejorado el producto y están alcanzando una gran satisfacción en el consumidor.

Pero una de las familias que más ha crecido en kilos, pero sobre todo en valor económico, han sido la familia de las berries, que han conocido en la última década una diversificación de la fresa original al actual mix entre fresas, frambuesas y arándanos, que los ha llevado a un valor de las exportaciones de la familia de 1.400 millones de euros en la última campaña completa 2019.

El capítulo de “Otras” recoge los frutos de cáscara, frutos secos y otras frutas.

Como vemos los ritmos de crecimiento son muy superiores a los de los cítricos que hemos visto previamente.

5. Exportaciones de hortalizas

Uno de los primeros detalles que se observa en la Tabla 6 es que, aunque el crecimiento medio es de diez veces los datos de 1975, se observa que los productos originales que iniciaron las exportaciones españolas han crecido todos por debajo de la media, cebollas, patatas, tomates y apio, e incluso las alcachofas (de forma similar a como pasaba con las granadas en frutas) ha tenido un comportamiento negativo.

Tabla 6. Exportación de hortalizas (Tm) desde 1975 a 2019

EXPORTACION DE HORTALIZAS. Toneladas.					Dif, %
	1975	1986	1993	2019	1975/2019
CEBOLLAS	149.973	332.913	219.381	404.587	169,77%
PATATAS	84.367	68.190	164.861	302.981	259,12%
AJOS	10.000	30.021	19.478	183.852	1738,52%
Historicas	244.340	431.124	403.720	891.420	264,83%
TOMATE	216.398	382.264	566.031	767.369	254,61%
PIMIENTO	7.263	194.563	270.475	863.938	11795,06%
PEPINO	35.259	94.330	172.874	705.413	1900,66%
CALABACINES	11.726	58.784	100.273	414.930	3438,55%
BERENJENAS	4.797	12.023	20.808	158.695	3208,21%
JUDIA VERDE	3.000	24.474	25.249	21.531	617,70%
Cultivo protegido	278.443	766.438	1.155.710	2.931.876	952,95%
ENSALADAS	22.914	54.660	212.430	829.872	3521,68%
COLES	324	27.986	111.281	483.845	149234,88%
ZANAHORIAS	3.948	46.877	56.259	144.468	3559,27%
APIO	11.192	25.756	46.066	77.739	594,59%
ESPARRAGO	127	7.721	26.065	24.700	19348,82%
ALCACHOFAS	31.040	24.874	25.797	13.203	-57,46%
Cultivo aire libre	69.545	163.000	452.101	1.560.624	2144,05%
OTRAS	0	490.590	588.670	1.161.385	
TOT. HORTALIZAS	592.328	1.851.162	2.600.201	6.545.305	1005,01%

Fuente: Informes-Resumen Campaña de exportación Ministerio de Agricultura. Dirección General de la producción agraria. Servicio de Inspección Fitopatológica. Datacomex. (1995-2019)

En el apartado de las cebollas, es interesante resaltar que al inicio del periodo las plantaciones para exportación estaban en Valencia y en estos momentos Castilla la Mancha se ha convertido en el primer productor español de cebollas desplazando a casi todas las otras zonas.

El crecimiento de las operaciones con ajos, ha sido también determinante para los cambios de paisaje en La Mancha, ya que allí se ha producido el mayor crecimiento en producción destinada a la exportación.

Las hortalizas que mayoritariamente se cultivan bajo cristal, plástico o mallas y cuyo epicentro se encuentra en Almería han tenido prácticamente el crecimiento medio sobresaliendo entre ellas el pimiento, que rompe todas las medias, seguido de calabacines y berenjenas.

Pero, sin lugar a dudas el mayor crecimiento como zona lo protagoniza la región de Murcia donde se han concentrado las plantaciones de las nuevas ensaladas, y de las crucíferas, entre las que destaca el brócoli. Si además tenemos en cuenta que la región acoge la mayor producción de melones y es importante en sandías, además de ser la zona líder en uva sin pepitas, podemos tener una idea del crecimiento de la zona.

Las zanahorias se han convertido en un producto relevante en exportación por las nuevas plantaciones de Cádiz, cuya precocidad ha permitido posicionarse en un producto que se cultiva en todos los países de Europa, pero solo España tiene producto fresco de diciembre a junio.

6. Zonas exportadoras: 1975-2019

En el gráfico de la Figura 2 podemos ver la evolución de las diferentes zonas que incluyen el 97% del total de las exportaciones españolas, en volumen de toneladas (Tm).

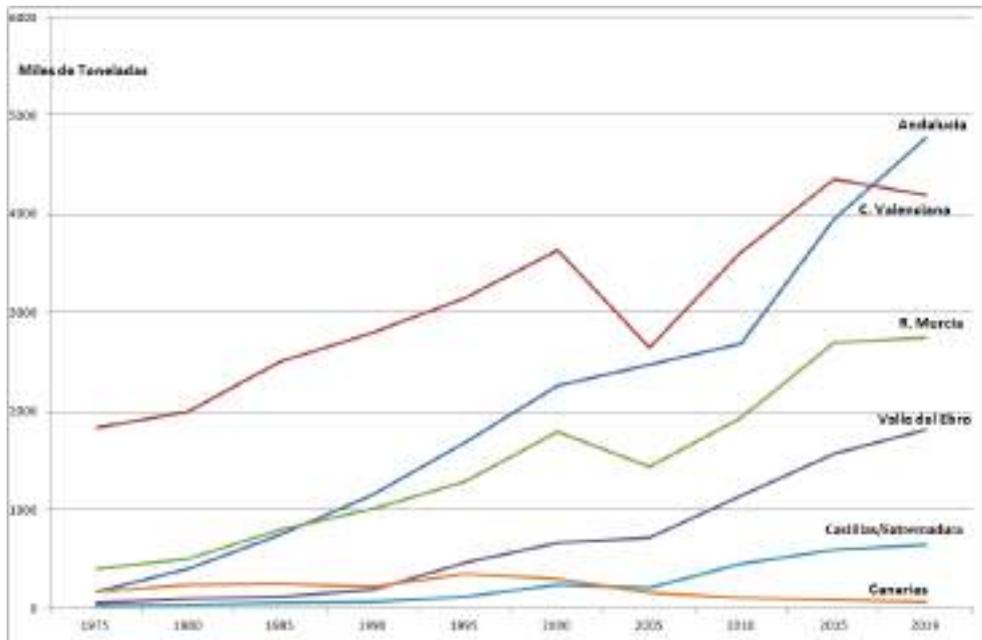


Figura 2. Evolución de la exportación de las principales zonas exportadoras en España de 1975 a 2019

Vemos como la Comunidad Valenciana mantuvo su puesto de cabeza hasta mediados de la actual década en la que cedió ese puesto a Andalucía. Por otra parte, vemos como la Región de

1. Panorama general

Murcia que incluye una sola provincia ha crecido mucho. Estas tres comunidades al principio se mantenían alrededor del 90%, para en la última década bajar al 80%, por el crecimiento del Valle del Ebro, las Castillas y Extremadura

En la agrupación Valle del Ebro hemos incluido Cataluña, Aragón, La Rioja y Navarra.

Hemos agrupado también las dos Castillas y Extremadura.

Vemos como Canarias, que llegó a representar en los 80 el 7% del total de las exportaciones españolas, ha ido perdiendo peso a lo largo de los años.

7. Conjunto de las exportaciones de frutas y hortalizas: 1975-2019

Para ver las tendencias que han caracterizado la evolución de las diferentes familias hemos realizado un promedio quinquenal de la serie de años analizados y nos sale la gráfica de la Figura 3.

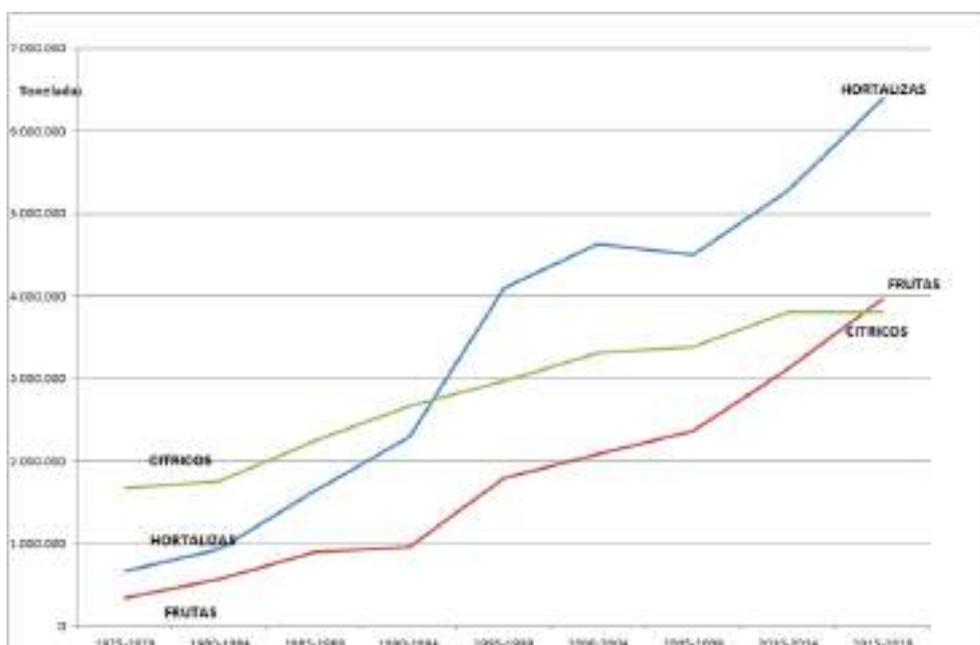


Figura 3. Evolución de la exportación de las principales zonas exportadoras en España de 1975 a 2019.
Fuente: Informes-Resumen Campaña de exportación Ministerio de Agricultura. Dirección General de la producción agraria. Servicio de Inspección Fitopatológica. Datacomex. (1995-2019)

Vemos como los cítricos líderes iniciales, van retrocediendo en el global. A mediados de los 90 las hortalizas superaron las cifras de cítricos y el resto de las frutas los superaron en 2016.

Por lo tanto, los cítricos, que eran el motor inicial de las exportaciones españolas, han pasado de representar el 66,13 % del total de las exportaciones de frutas y hortalizas a suponer el 26,63% en 2019.

Y se observa claramente como es a partir de la puesta en marcha del mercado único cuando se disparan las exportaciones españolas en general.

8. Posición de España y sus exportaciones a nivel internacional

En estos últimos años las exportaciones mundiales de frutas y hortalizas han tenido un gran crecimiento en todos los continentes y, en el siguiente gráfico, podemos observar la evolución de los primeros seis países a nivel mundial (Figura 4).

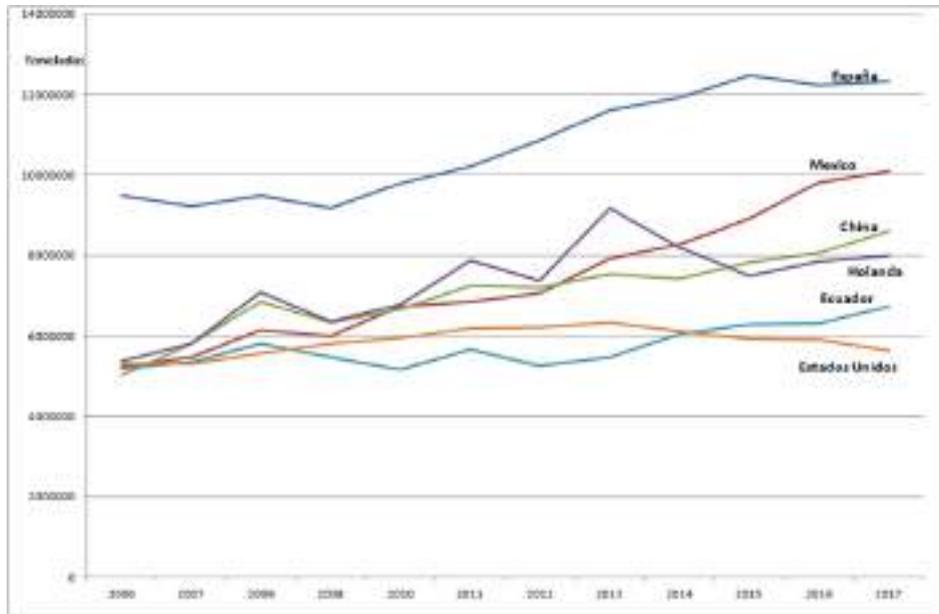


Figura 4. Evolución del volumen de frutas y hortalizas exportado por los principales países exportadores desde 2006 a 2017. *Fuente:* Qlickfresh con datos Trademap de frutas y hortalizas frescas

España y México poseen el liderazgo a lo largo de estos últimos 12 años. China y Ecuador crecen también a un ritmo algo inferior. Estados Unidos está estable, pero bajando ligeramente en los últimos años. Respecto a Holanda, hay que tener en cuenta que cerca del 50% de sus exportaciones son reexportaciones.

A continuación, vemos la evolución de los principales países exportadores europeos (Figura 5).

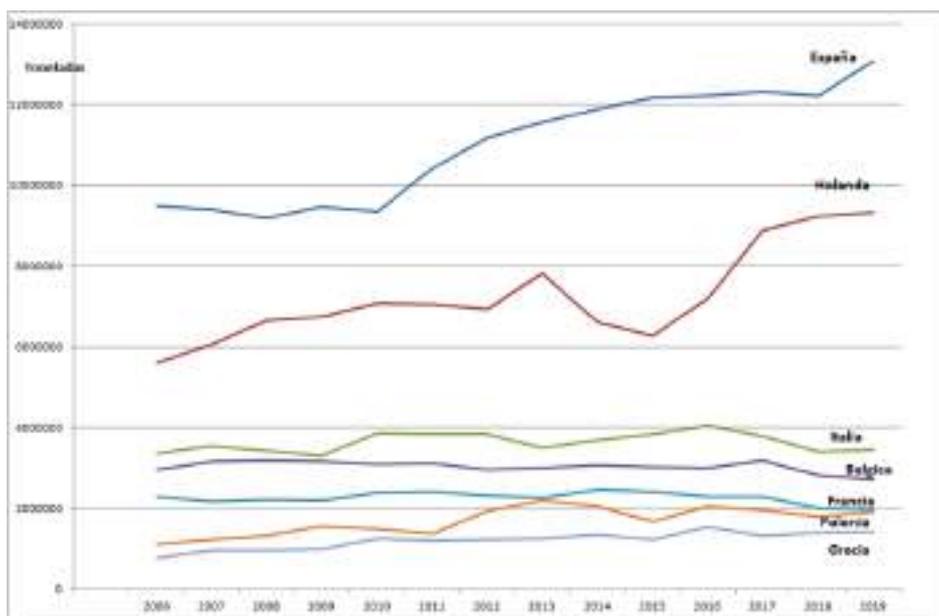


Figura 5. Evolución del volumen de frutas y hortalizas exportado por los principales países exportadores de Europa desde 2006 a 2019. *Fuente:* Qlickfresh con con datos Eurostat

La gráfica muestra como solo Holanda, con todas sus reexportaciones, ha mantenido un crecimiento similar a España. El resto de los países europeos están estabilizados.

Podemos afirmar que, a 35 años de nuestra entrada en la Unión Europea, el posicionamiento de España en frutas y hortalizas frescas se ha impuesto sobre el resto de los países miembros de la Unión. Y podemos afirmar que:

“Estamos en el mapa internacional de frutas y hortalizas”

9. ¿Por qué ha sido posible este “milagro” hortofrutícola?

De todos los factores que al final han intervenido en este milagro, algunos los teníamos, otros los construimos y otros nos llegaron, pero su conjunción fue la clave.

Desde mi punto de vista el más importante (sin el cual no hubiera sido posible que toda nuestra estructura productiva se pusiera en marcha) nos llegó de fuera y fue la entrada primero en el Mercado Común, pero, sobre todo, la puesta en marcha del Mercado Único.

Lo que hoy suponen más de 500 millones de consumidores a los que tenemos accesos sin aduanas, sin fronteras y sin trámites burocráticos es la base de nuestro mercado. Además, tenemos que añadir Noruega y Suiza, que al efecto comercial es prácticamente similar. Por otro lado, gracias al acuerdo alcanzado in extremis de un Brexit suave, prácticamente tenemos inalterable el destino del 95% de nuestras exportaciones, y ese es uno de nuestros principales activos.

Pero nosotros teníamos en casa la materia prima básica para explotar correctamente la gran oportunidad que se nos presentaba. Teníamos el clima, la tierra y la gente. Clima único en Europa, solo comparable al Sur de Italia y ciertas regiones griegas, pero donde nosotros ocupábamos mucha más superficie y donde la potencialidad de muchas regiones era inimaginable.

Teníamos el capital humano, basado en agricultores con un músculo de sufrimiento de muchas generaciones y los años de autarquía agrícola, que tenía un saber hacer que a medida que las posibilidades de mercado aparecieron mostraron una adaptabilidad a las innovaciones realmente singular. Esa base, cuyos descendientes actualmente son la base de nuestros agricultores actuales (muchos de ellos ya empresarios agrícolas), fue decisiva en todas las zonas productivas para la consolidación de nuestro desarrollo.

Teníamos también unas estructuras oficiales, tanto en el Ministerio de Agricultura de la mano de su brazo ejecutor El FITO, como en el Ministerio de Comercio EL SOIVRE, que facilitaron a toda la maquina productiva su profesionalización para convertir a muchas pequeñas empresas en buenos exportadores.

Y apareció la mejora de la educación que llego con la democracia y el acceso de capas hasta entonces imposible a la educación superior, las escuelas de “Perito agrícolas”, benditas escuelas, las Universidades con todas sus hornadas de todo tipo de jóvenes con diferentes titulaciones que se fueron incorporando al mundo agrícola y que han ido creando una profesionalización que mezclada con el “saber hacer” de los mayores, nos ha convertido en una estructura productiva

totalmente comparable a cualquier otro país. Desde el primer punto de la producción en el campo, el seguimiento de los cultivos, la recolección y todos los procesos poscosecha, confección, marketing o logística, que acaban con la puesta en el mercado. Así como la estructura humana de toda la industria auxiliar de semillas, envases, maquinaria, gestión de calidad, auditoría, etc.

El nivel de titulados y profesionales en nuestras empresas hortofrutícolas era inimaginable hace solo tres décadas y en estos momentos es decisivo para el mantenimiento del nivel tecnológico y profesional de las mismas. Y esos titulados, los crearon nuestras Universidades.

Y de fuera nos llegaron algunas aportaciones que supimos integrar y aprovechar muy bien. Primero fueron los fondos estructurales de la Unión que permitieron en pocos años construir la red de autopistas actual, decisiva para que en 48 horas nuestras fresas puedan llegar al centro de Europa. Y que, desde cualquier lugar de España, con nuestra logística, cargas de hoy, mañana antes de mediodía estén en Perpiñán, para su gestión directa o simplemente para seguir su camino.

Y además nos llegó la mano de obra que aportaron los emigrantes, tanto de los países del Este como Rumania o Bulgaria, de África como Marruecos y otros países subsaharianos y de Sudamérica como Ecuador o Colombia entre otros.

Sin ellos no hubiera sido posible gestionar el incremento de la producción que se ha dado en cualquier zona desde Huelva, Almería, Murcia, Valencia o el Valle de Ebro. Y además, salvo tristes excepciones, en un proceso de integración de esta población en nuestro territorio mucho más correcto que en otros países.

10. ¿Y el futuro?

¡¡Solo Dios lo sabe!!

Pero no creo que sea más difícil que la Pandemia que hemos afrontado y que el sector hortofrutícola ha resuelto con nota. Los deberes todos los sabemos, defender los mercados ganados con productos buenos y saludables apoyados por la correspondiente promoción, mantener la eficiencia de nuestras producciones, resolver con eficacia los retos que vayan apareciendo, optimizar todos los escalones de la cadena de valor y avanzar en la digitalización de la misma, integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (ODS) en nuestro día a día, ya que por derecho propio somos uno de los sectores que más podemos contribuir a ellos, e incorporar a los jóvenes en el campo tanto por vocación como por las posibilidades de futuro.

Los jóvenes que, con sus diferentes grados de formación, son claves en todos los niveles de la actividad agraria, tanto como empresarios agrícolas como en los diferentes niveles de la cadena de valor que hace falta para llegar hasta el consumidor final.



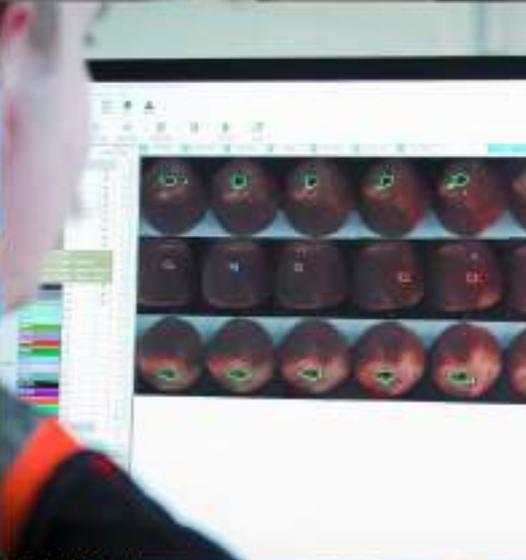
Visítanos en
Fruit Attraction

10D13

producción mundial
xima seguridad
ma pérdida de
antizan que
enta.

BC Technologies & Compac,
n soluciones integrales
de alimentos frescos.







SAVE THE DATE

13-15 JUNE 2023

ABOUT GREENTECH

The #1 worldwide horticulture technology platform

GreenTech focuses on the early stages
of the horticultural chain and
the current issues growers face

Your chance to meet the
horticulture world in 3 days!

1.4. Mercado exterior de la tecnología española

Jaime Hernani Bengoa

jaime@agragex.es

AGRAGEX

Índice

1. Introducción
2. Sectorización
3. Internacionalización
4. Objetivos
5. Conclusiones

Resumen

La evolución de la maquinaria agropecuaria española a vista de pájaro y velocidad de crucero. En dos folios los cinco continentes y más de dos mil millones de razones para confiar en nuestros fabricados.

1. Introducción

Si nos fijamos en la evolución de las exportaciones españolas de la maquinaria agrícola y ganadera en los últimos 35 años, podemos ser testigos de un cambio radical en el tipo de máquina que se fabrica hoy en comparación con el tiempo pasado.

La internacionalización de la maquinaria agropecuaria de fabricación española nos ha enseñado en este periodo como se hacen las cosas en otros países y que demanda el agricultor y el ganadero extranjeros transformando los mercados internacionales en una escuela de primer orden para nuestros exportadores.

Cuando AGRAGEX comenzó a organizar actividades de promoción, allá por los años 80 del pasado siglo XX, la maquinaria agrícola española era bastante desconocida, muy pocas marcas habían tenido el “atrevimiento” de salir allende nuestras fronteras ...

La frenética actividad de AGRAGEX en estos 7 lustros ha dado sus frutos y hoy en día podemos decir que la maquinaria agrícola en su conjunto, así como los equipos ganaderos fabricados en España son conocidos y reconocidos en todo el mundo. En este periodo nuestras exportaciones se han multiplicado por 8 y estamos en más de 100 países.

2. Sectorización

La tecnología española se basa en la propia orografía de nuestros campos, de nuestros climas y de nuestros agricultores.

Los problemas de agua en el sur de España han agudizado el ingenio de nuestros expertos para desarrollar técnicas de riego eficientes y con el paso de los años, España es un referente mundial en la fabricación de equipos de riego localizado.

La buena climatología, las muchas horas de sol que podemos disfrutar en muchas partes de España ha sido utilizada para conseguir técnicas de cultivo muy eficientes. La puesta en práctica de los invernaderos para estirar todavía más ese calor residual derivado de las generosas horas de luz que la madre naturaleza nos brinda ha conseguido que España sea el granero de Europa en hortalizas y fruta fresca.

La dureza de la tierra, la difícil orografía del mismo, las exigencias de nuestros agricultores a la hora de adaptar las maquinas a sus terrenos ha conseguido que nuestros fabricantes de maquinaria agrícola hayan diseñado maquinas muy prácticas y adaptables que luego se han podido exportar a infinidad de mercados similares.

El resultado de todo ello, el ingenio de unos, la necesidad de otros y la apuesta total de AGRAGEX por internacionalizar este valor ha conseguido que España sea un referente en la agricultura y la ganadería del planeta llamado tierra.

3. Internacionalización

Recuerdo los primeros viajes, las primeras ferias, las caras de incredulidad de nuestros colegas europeos, ¡que nunca nos habían visto por allí!

Tener que explicar dónde estaba España no era extraño para nosotros cuando íbamos a norte América y tener que empezar a pensar en dólares tampoco.

Ha llovido mucho desde entonces y muchos cientos de miles de kilómetros se han recorrido en más de mil viajes a más de 70 países...

¿El resultado? Casi 2.500 millones de euros exportados en 2019 a más de 100 países distintos debería de ser nuestra tarjeta de visita.

Trabajamos en un sector que no puede parar nunca. Somos afortunados de trabajar en él. Hay que comer todos los días, aunque sea poco...y los fabricantes de maquinaria agrícola y los equipos y productos ganaderos deben de estar siempre alerta para suministrar los equipos necesarios para que la población siga adelante. Y los españoles lo están.

4. Objetivos

Creo que el trabajo se ha hecho bien, que los fabricantes españoles han reaccionado con convicción al reto planteado por AGRAGEX y que hoy, el sector está sano, es fuerte, da empleo a mucha gente, más de 10.000 personas de manera directa y disfruta de un futuro esperanzador.

¿Objetivos a medio plazo? Mantenerse podría ser uno, y no será fácil. La competencia extranjera se ha concentrado mucho en los últimos años y esto puede ser una amenaza para la estructura de nuestros fabricantes. AGRAGEX lleva ya varios años recordando a sus socios sobre estas realidades. Nuestras empresas son pequeñas en tamaño, pero son flexibles y rápidas en reacción y se adaptan a los requerimientos de sus clientes de manera ágil y comprometida, adjetivos de los que carecen las grandes corporaciones.

Esta agilidad unida a una apuesta clara por mantener y aumentar su presencia en el exterior hará que nuestras empresas puedan disfrutar de un futuro a medio plazo tranquilo, pero nunca bajar la guardia ante las amenazas que pueden venir del exterior.

5. Conclusiones

En esta crisis creada con la aparición del COVID-19 se ha constatado la preparación comercial, tanto para el mercado nacional como para la exportación, de las empresas del sector agropecuario español, y me explico.

Desde primeros del mes de marzo de 2020, cuando el presidente del Gobierno decreto el estado de alarma, muchas empresas tuvieron que cerrar y las personas dejaron de viajar por imperativo legal. Se prohibió el movimiento, el desplazamiento de persona, ya fuera dentro del territorio nacional como en el extranjero. Medidas similares se tomaron en la práctica totalidad de los países del planeta.

¿Como íbamos a hacer nuestra tradicional acción comercial para seguir vendiendo nuestros fabricados? Era un verdadero problema, un dilema y una preocupación, pero entonces es cuando se ha podido ver la inversión de tantos años de presencia en ferias internacionales o en viajes de trabajo por todo el mundo. Visitando de manera recurrente los 5 continentes un año sí y otro también.

Se ha podido demostrar que la maquinaria y los equipos tanto agrícolas como ganaderos, sus componentes, los productos de salud y nutrición animal y también vegetal de fabricación española son muy conocidos por todo el mundo y que los importadores, distribuidores e instaladores saben a dónde acudir para realizar sus pedidos o reforzar sus stocks.

Se ha demostrado que una buena siembra produce una buena cosecha y esta es la que estamos recolectando estos días.

Las exportaciones españolas del sector siguen creciendo en un año tan complicado e incierto y nuestros fabricantes aumentaran su facturación al finalizar 2020 a pesar de todas las dudas que se crearon a principios de año.

Pero esto no debe hacernos bajar la guardia. Debemos de salir a la mayor brevedad posible para seguir con nuestra acción comercial.

Seguir sembrando el mundo de información sobre lo que se fabrica en España debe volver a ser una prioridad para AGRAGEX.

Sobre AGRAGEX

[AGRAGEX](#) fue creada en 1978 en Bilbao con el apoyo de 12 empresas españolas del sector de maquinaria agrícola. Actualmente cuenta con 104 empresas asociadas de diferentes subsectores: Maquinaria, Componentes, Riego, Invernaderos y Protección de Cultivos, Equipamiento Ganadero, Salud y Nutrición Animal, almacenaje y Postcosecha.

La Asociación es reconocida como Entidad Oficial Colaboradora del Ministerio de, Industria, Turismo, Comercio a través de la Secretaria General de Comercio. Su director, Jaime Hernani, la dirige desde 1985 con compromiso y dedicación y un equipo de profesionales altamente cualificados ejecutan los programas de promoción internacional tan valorados por nuestras empresas y culpables del éxito del sector.

La Asociación pertenece al Grupo AGEX, federación que agrupa a otras tres asociaciones sectoriales de diferentes sectores industriales exportadores (Fundigex, Siderex y Mafex), todas ellas dedicadas a promover la internacionalización de sus empresas asociadas desde hace más de 40 años. Casi 13 mil millones de euros facturados, más de 8 mil millones exportados y casi 60 mil empleos directos es su tarjeta de visita.

1.5. Las herramientas de Europa

David del Pino Rodríguez
daviddelpinorodriguez@gmail.com

Consultor

Índice

1.	Introducción	2
2.	El modelo de Europa	3
3.	La paradoja de la innovación	9
4.	Las cadenas globales estratégicamente alineadas	10
5.	La rentabilidad en la hortofruticultura	11

Resumen

Europa afronta el futuro de su sector hortofrutícola con importantes y autoinfligidas restricciones estratégicas. El posible camino de desarrollo y evolución del sector en Europa es tan radicalmente diferente al resto del mundo que pone en cuestión su propia supervivencia.

En nuestro entorno europeo la intensificación de factores para aumentar productividad está comprometida por los condicionantes medioambientales de la PAC y la solución biotecnológica seriamente comprometida por el principio de prudencia del legislador.

Nos queda aferrarnos a un dinámico sector donde la paradoja de innovación es muy inferior a la del resto del mundo, a la posibilidad de colaborar en la cadena de valor para buscar la multiplicidad de eficiencias compartidas y a la enorme palanca financiera propiciada por los fondos europeos que, eso sí, deben cumplir los dos primeros condicionantes.

Estas son las reglas de juego que parece que tenemos que afrontar en los años venideros y sus consecuencias deberemos analizarlas en base a las posibilidades de supervivencia de la empresa hortofrutícola, es decir desde su rentabilidad.

También quedará apelar al compromiso de los consumidores europeos con sus agricultores y al valor de las soluciones locales, flexibles y rápidas en un entorno de apertura a la globalización. En cualquier caso, nos tocará, hoy más que nunca, saber diagnosticar y adoptar soluciones para sobrevivir en este choque de realidades.

1. Introducción

La noticia más importante para el futuro de la humanidad está repetida por múltiples instituciones a nivel mundial. Según las estimaciones de diversos estudios, se necesitan producir en los próximos 40-50 años más alimentos que en el acumulado de los últimos 10.000 años y no parece que sepamos cómo hacerlo. Y esto es así, porque la población mundial aumentará en un 60% de aquí a 2050.

Desde la revolución verde, la falta de alimentos ha tenido más que ver con las condiciones de libertad, organización social y comercio de las sociedades humanas, que con las capacidades productivas del planeta. Pero el fantasma malthusiano ha levantado la cabeza poniendo en duda la capacidad del planeta para proveer alimentos para todos.

Hasta ahora, habíamos evitado el desastre amparándonos en el modelo de la revolución verde. Los avances biotecnológicos que nos proporcionó, reforzados por la mecanización agraria, los agroquímicos, el comercio y la intensificación del uso de la tierra con el uso del agua, nos han llevado a una reducción histórica de la pobreza extrema y a la práctica eliminación de las hambrunas.

Sin embargo, el tren de la historia parece haberse detenido. No es que la producción de alimentos no siga creciendo, sino que parece que no va a poder seguir creciendo al ritmo que crece la población. Hay un claro declive del aumento de la productividad a escala mundial, y muy especialmente en los países pobres, que parece impedir su convergencia con las economías avanzadas en el medio y largo plazo.

Después de siglos de experimentación y progreso, los avances en productividad agrícola siguen siendo fundamentales para garantizar el bienestar humano básico, reducir la pobreza extrema, mantener la seguridad alimentaria y lograr la estabilidad social.

Esta es la grandeza de la agricultura y la razón de su excepcionalidad como factor de poder geoestratégico. Y, cómo no, los gobiernos y grandes fuerzas que mueven los hilos de la historia están gravemente preocupados.

Hay una oleada de inversiones e investigación que persiguen repetir el milagroso esquema de la revolución verde; pero, por si acaso, otras muchas cosas están sucediendo: acaparamiento de tierras de cultivo, control de inputs agrícolas esenciales (fertilizantes, semillas, etc.), creación de fondos de inversión multimillonarios para el negocio agrícola.

Cuando escuchen los términos neoproteccionismo, vuelta al campo (neoruralización), soberanía alimentaria y *Land Grabbing*, sepan que las fuerzas de la historia se han desatado y no está garantizado que podamos comer mañana.

Ni que decir tiene que hay un vínculo inequívoco que liga a los nuevos retos medioambientales con el reto de lograr la sostenibilidad de los alimentos y la consecución de un futuro alimentario sostenible frente al cambio climático.

Desde ese punto de vista, sigue siendo fundamental comprender mejor los factores que impulsan el crecimiento de la productividad agrícola y lo que lo limita.

Es de destacar que, en todo el mundo y durante las últimas décadas, se ha producido un importante cambio en la agricultura, que ha pasado de un crecimiento basado en los recursos a un crecimiento basado en la productividad.

Es decir que, en lugar de aumentar la producción agrícola mediante el incremento de la cantidad de tierra, agua y el uso de insumos, la mayor parte del crecimiento agrícola actual proviene del aumento de la productividad total de los factores de producción. Dicho de otro modo, los avances provienen de la eficiencia con la que se combinan estos insumos para producir el producto mediante el uso de tecnología y prácticas mejoradas.

Pero como veíamos, el ritmo de este crecimiento, basado principalmente en eficiencia productiva, no parece ser capaz de contener las necesidades por el aumento previsto de la población. Y si la intensificación del uso de los recursos no es la solución ya que son finitos, ¿qué podemos hacer?

La tierra para uso agrícola está intrínsecamente limitada al igual que el agua y otros insumos; y todo esto sin siquiera mencionar que una mayor expansión tiene una enorme huella medioambiental. Por otra parte, la mano de obra y el capital también parecen estar en umbrales de rendimientos decrecientes.

Para explicarlo voy a tener que rescatar del olvido al señor Turgot. Anne Robert Jacques Turgot (1727- 1781) fue un político y economista francés y, además, fundador de la escuela de pensamiento económico conocida como fisiocracia.

La gran aportación de Turgot fue la referida Ley de los Rendimientos Decrecientes. Sobre esta ley también trataron grandes economistas como David Ricardo y Malthus, pero es Turgot el que se lleva el mérito de su concepción.

Turgot propone que el rendimiento de la agricultura (más específicamente el rendimiento de la tierra como factor fijo de la producción agrícola) aumenta con la aportación de otros factores (capital y trabajo) pero hasta un punto determinado, donde el rendimiento tiende a estabilizarse o incluso a disminuir, si se siguen empleando factores crecientes de los otros factores (capital y trabajo)

Básicamente nos plantea la existencia de un techo productivo que se alcanza relativamente rápido y que constituye una limitación en el largo plazo. Es decir, que por más que sigamos aportando más fertilizante y poniendo a más gente a trabajar, el rendimiento no aumentará proporcionalmente e incluso puede que disminuya.

Tanto en la industria como en la agricultura, esta ley tiene vigencia; aunque el uso de la tecnología ha permitido superar esta limitación. La tecnología define la combinación del uso de los factores de producción.

A lo largo de la historia el desarrollo de la tecnología ha permitido incrementar los rendimientos (especialmente en la industria) y generado un nuevo nivel de limitación de rendimientos, pero productivamente mayor a la obtenida antes de la adopción de la nueva tecnología. Es decir, que en la industria al introducir más y mejores máquinas, los rendimientos aumentan claramente hasta un nuevo y mayor techo.

1. Panorama general

Es en este punto, donde la agricultura y la industria se separan como actividades económicas diferentes. De nuevo, la especificidad de la agricultura como sector económico. La agricultura tiene como limitante el factor de la tierra por ser insustituible e inamovible; mientras que, en la industria, su factor limitante es el capital.

Como se ve claramente, la tecnología tiene un papel destacado en la superación de las limitaciones que nos impone esta ley. Esta es, también, la base de discusión de las implicaciones actuales de la adopción de los avances biotecnológicos en la agricultura.

2. El modelo de Europa

Mientras tanto las autoridades europeas están diseñando la nueva PAC (Política Agraria Común) con un gran nuevo condicionante: la supeditación de la Política Agraria Común al Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*).

Es decir, que los objetivos tradicionales de la PAC (alimentos sanos, abundantes y baratos y mantenimiento de la renta agraria) se han de conseguir mediante unos requisitos previos: los objetivos medioambientales de Europa.

En marzo 2020 se desvelaba finalmente la hoja de ruta de la Comisión Europea de este profundo cambio estratégico mediante lo que han dado en llamar estrategia *From Farm to Fork*.

Una estrategia que incluye medidas a cumplir hasta 2030 cómo las de reducción del uso de pesticidas del 50% o la reducción del uso de fertilizantes del 20%.

No es sorprendente que las reacciones del lobby ecologista hayan sido favorables, mientras que las del lobby agrario de gran preocupación. El sector agrario lleva un tiempo de protestas generalizadas en los principales países europeos debido a lo que se percibe como un agotamiento del modelo productivo actual y a la percepción de falta de apoyo público al sector.

Ya se anticipaba una fuerte reducción del presupuesto dedicada a la PAC y pero es que, ahora, además, una gran parte de este presupuesto será, probablemente, para medidas medioambientales.

El sector percibe que una elevación de los requisitos para cultivar provocará un incremento generalizado de costes que serán incapaces compensar con incrementos de productividad y que tampoco conseguirán trasladar, vía aumento de precios, al consumidor final.

Es decir, que cualquier nuevo requisito, que además no se aplica a la importación de países terceros, nos lleva a una crisis competitiva que compromete la supervivencia.

Si en la introducción ya anticipábamos que la intensificación de los factores de producción ha limitado su aporte al incremento de productividad agrícola a escala mundial, ¿cómo va a conseguir la agricultura europea subsistir restringiendo el uso, en porcentajes enormes, de estos propios factores de producción?

Honestamente, no tengo una respuesta satisfactoria para la pregunta anterior. Parece que estamos abocados a confiar en que la maravillosa inventiva humana permita crear ese capital de conocimiento que nos lleve a nuevas ideas y tecnologías. Pero, aún en este acto de fe en el

futuro, Europa se ha quedado voluntariamente fuera del desarrollo legal de soluciones biotecnológicas basadas en los OGM (Organismos Genéticamente Modificados) o en la edición genética (basada en CRISPR o similar).

Sin embargo, no todo son malas noticias en el modelo europeo. La apuesta institucional se centra en prestar un apoyo financiero sin precedentes en la historia al desarrollo de la innovación y sus procesos de adopción.

El resto de este texto pretende ser una especie de manual para buscar, táctica y estratégicamente, la supervivencia de la empresa hortofrutícola europea en un horizonte de crisis de productividad mundial, aislamiento de soluciones biotecnológicas globales generalistas y la extrema restricción operativa y medioambiental en Europa.

Para conseguir lo anterior necesitare hablar sobre lo que define la rentabilidad de la empresa hortofrutícola, su relación con la productividad y el impacto de la innovación sobre esos parámetros. Pero antes de meterme en faena voy mencionar dos factores externos que amenazan con acelerar o frenar el desarrollo del sector: las cadenas de suministro globalmente alineadas y la paradoja de la innovación.

3. La paradoja de la innovación

El concepto de paradoja de innovación está bien estudiado y recogido en numerosos estudios sectoriales. Básicamente se refiere al fenómeno mediante el cual las innovaciones técnicas y tecnológicas, aun demostrando o prometiendo altos retornos de inversión no son finalmente adoptadas por los agricultores.

Si está tan claro que estas innovaciones van a beneficiar a los agricultores, ¿cómo es que no las adoptan? Los estudios sectoriales mencionan como sospechosos habituales a las dificultades financieras, los problemas de transferencia de conocimiento e información, los riesgos asociados a la adopción de nuevas prácticas, la dificultad de acceso a los mercados y un largo etcétera.

Es indiscutible que una gran parte de este fenómeno se debe a la resistencia al cambio y el miedo a lo desconocido. Sin embargo, en el sector hortofrutícola español y europeo, el fenómeno de paradoja de innovación no parece seguir los mismos parámetros. El sector está abierto a los cambios y es extraordinariamente dinámico pero las innovaciones siguen siendo difíciles de implementar.

Siguiendo con esta reflexión más adelante intentaré plantear los factores básicos en los que debería basarse una decisión racional de adopción de innovación en nuestro entorno.

4. Las cadenas globales estratégicamente alineadas

En el gráfico que acompaña a estas líneas podemos ver la forma tradicional de definir las distintas funciones de la cadena que llevan el producto agrícola hasta el consumidor (Figura 1). Una cadena de suministro típica, basada en la teoría tradicional de la cadena de la cadena de

1. Panorama general

valor, que suele abarcar las etapas que incluyen a: consumidores, detallistas, mayoristas/distribuidores, fabricantes, intermediarios, transportistas, proveedores de componentes y materias primas.

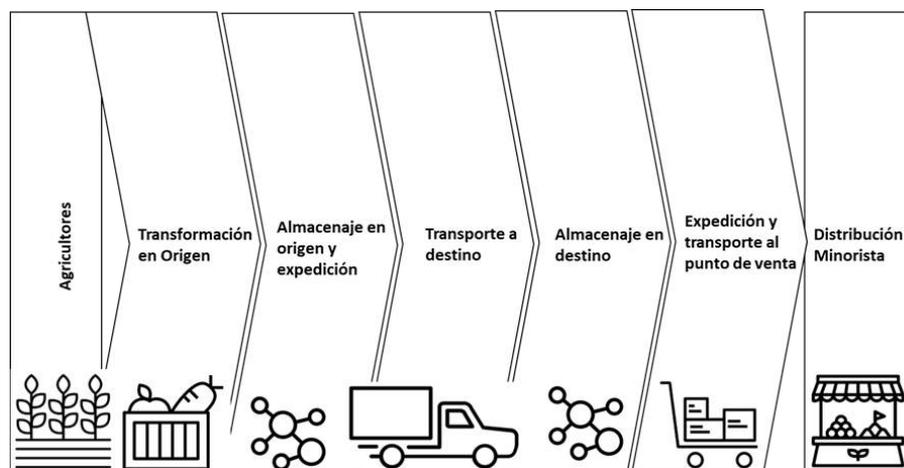


Figura 1. Cadena de suministro desde el campo hasta el consumidor final

Es evidente que las fronteras que delimitan las funciones a lo largo de la cadena no están cerradas, sino que cada vez son más difusas. Cada vez hay más integrantes de la cadena que están actuando en más de un eslabón. Es esta creciente complejidad la que nos dificulta ver una estructura clara de la cadena y comprender fácilmente las relaciones entre los distintos protagonistas de la cadena.

Ya casi no quedan “participantes puros” que actúan en una sola fase o eslabón. La creciente complejidad viene dada por la multiplicidad de relaciones y la necesidad o deseo de los participantes por atrapar funciones que les eran ajenas. La distribución busca acercarse a la producción creando centrales de compra en origen mientras que la producción busca también acercarse a la distribución mediante acuerdos de verticalización con importadores o mayoristas en destino. La intermediación, por su parte, busca también seguir aportando valor y justificar su posición intermedia con múltiples servicios dedicados a ambos lados de la cadena o incluso creando su propia distribución minorista y/o su propia producción.

Es evidente que en un negocio con márgenes estrechos tiene sentido dominar otras etapas de la cadena para poder mejorar resultados. Aunque no siempre es deseable atrapar funciones ajenas por la dificultad y especialización necesaria para ejercerlas. Sin embargo, este proceso parece imparable debido a la ruptura de la cultura del negocio bien explicitada en otra paradoja, la Paradoja de Eficiencia.

A los ingenieros nos han instruido para detectar las ineficiencias, los cuellos de botella y gestionar procesos lo más eficientemente posible. Sin embargo, hemos descubierto en la práctica que cuantos más procesos afinas (de manera individual) hasta la máxima eficiencia, más ineficiente se vuelve el sistema. Esta es la Paradoja de la Eficiencia. La clave de la eficiencia en un sistema requiere que se tomen todos los procesos al unísono.

Si tomamos nuestro sector en su conjunto (toda la cadena de valor), la teoría de la paradoja de eficiencia (y las islas de eficiencia) es particularmente evidente.

La producción agrícola se ha centrado en producir los máximos kilos posibles (¿eficiencia?) de un producto concreto sin considerar si los calibres, el sabor, la vida útil, el ciclo de plantación (y etc.) son los adecuados para el servicio al cliente y las expectativas de los consumidores.

En el envasado, por su parte, se orienta a tiradas largas de producción de productos altamente estandarizados (¿eficiencia?), sin reparar en que los consumidores quieren productos altamente personalizados y los clientes solicitan servicio de entregas “*just in time*”.

La distribución solicita cantidades fijas de productos para llenar milimétricamente las estanterías de los productos que maximizan el margen de la sección de frutas y hortalizas (¿eficiencia?), sin tomar en consideración que los volúmenes de la producción fluctúan de manera natural.

Y el consumidor, que ha perdido su cultura alimentaria, se aprovisiona erráticamente. Llenando despensa y frigorífico una vez a la semana (¿eficiencia?). Va generando, por tanto, desperdicio alimentario mientras se enfadan por que los productos no tienen frescura (quieren decir: vida útil).

En conclusión, cada función de la cadena de valor está funcionando como una Isla de Eficiencia; es decir, con un concepto de eficiencia propio de cada eslabón que tiene poco que ver con los demás. Es fácil ver las dificultades de cada miembro de nuestra cadena de valor si hace la guerra por su cuenta, con su propia definición de la eficiencia y de los objetivos.

Esta es la justificación de la creciente comprensión en el mundo de los negocios de gran consumo de que se puede obtener un mayor éxito comercial con la participación en una cadena de suministro alineada estratégicamente.

La tesis que se abre paso es que el viejo modelo de empresas independientes compitiendo entre ellas está siendo lentamente sustituido, ante nuestros ojos, por otro modelo de competencia entre cadenas de suministro que luchan por la dominación del mercado. Y no es algo nuevo. Al menos no lo es en otros sectores como el automovilístico donde las cadenas globales alineadas de suministradores compiten conjuntamente entre ellas abanderadas por alguna de las pocas marcas dominantes. Muy difícilmente un suministrador de partes de coches suministrará a varias grandes cadenas de valor. Muy al contrario, se alineará con la estrategia de la “gran marca” de confianza y compartirá patentes, soluciones y resultados.

Este nuevo modelo, por otra parte, también crea ventajas competitivas que son muy difíciles de copiar por los competidores.

Sin embargo, esto, es algo que no termina de ocurrir en nuestro sector, aunque parece claro que tiene sentido porque las capacidades necesarias para innovar en línea con las demandas del mercado requieren habilidades (recursos humanos, financieros, marketing y etc.) que no están tradicionalmente asociados con las empresas de producción agrícolas.

Las empresas agrícolas operan con muy diferentes estructuras de coste, siguiendo muy diversos estándares productivos, con acciones descoordinadas con sus suministradores clave y sin compartir experiencias.

Todo lo anterior crea mayores costes, ineficiencias y la incapacidad de afrontar la complejidad e incertidumbre que trae la competencia, los retos medioambientales y la continua evolución de las necesidades de los consumidores.

Otra de las ventajas de alinearse estratégicamente es la posibilidad de innovar como una cadena (una de las claves para un éxito continuado); pues no sólo consigue productos y servicios orientados al mercado, sino que también consigue simplificar las operaciones interna y externamente para conseguir mayores niveles de eficiencia.

Sigamos con el ejemplo de la innovación. ¿Cómo vamos a innovar sin hacer un estudio de mercado? ¿Cómo vamos a innovar sin un panel de consumidores? ¿Cómo vamos a innovar sin un test de tienda previo? ¿Cómo vamos a innovar si no comunicamos nuestras necesidades/información a las compañías de semillas que generan la innovación básica? ¿Cómo vamos a innovar si no desarrollamos empaquetados específicos para cada producto? ¿Cómo podremos saber si el precio target en tienda será el correcto si el distribuidor y el productor se ocultan información para utilizarla en la negociación?

En definitiva, los beneficios potenciales de esta orientación con alineamiento estratégico son muchos: la sostenibilidad (Social, Medioambiental, Económica), la disminución del riesgo, Ventajas competitivas difíciles de copiar, estabilidad del suministro y mercado (enlazando demanda y oferta), mejor uso de recursos (con todos los esfuerzos centralizados y alineados con el objetivo), uso del potencial de compartir información y experiencia y también, Investigación e Innovación orientada al mercado.

Por todo lo anterior es lógico que veamos con toda nitidez en el futuro lo que ahora parece sólo borroso, la emergencia de Cadenas Globales Alineadas con adscripción voluntaria de los participantes o mediante grandes integraciones verticales de funciones de la cadena de valor.

En conclusión, la participación en estas cadenas alineadas estratégicamente produce un enorme incentivo de adopción de innovaciones que puede transformar radicalmente el sector agroalimentario.

5. La rentabilidad en la hortofruticultura

Llegados a este punto recapitemos. En nuestro entorno europeo la intensificación de factores para aumentar productividad estará muy comprometida por los condicionantes medioambientales de la PAC y la solución biotecnológica seriamente comprometida por el principio de prudencia del legislador.

Nos queda aferrarnos a un dinámico sector donde la paradoja de innovación es muy inferior a la del resto del mundo, a la posibilidad de colaborar en la cadena de valor para buscar la multiplicidad de eficiencias compartidas y a la enorme oportunidad financiera propiciada por los fondos europeos que, eso sí, deben cumplir los primeros dos condicionantes.

Estas son las reglas de juego que parece que tenemos que afrontar en los años venideros y sus consecuencias deberemos analizarlas en base a las posibilidades de supervivencia de la empresa hortofrutícola, es decir desde su rentabilidad.

En ese sentido, este es un sector típicamente definido por el concepto de Rotación. En este sector con cada venta obtenemos un pequeñísimo margen y sólo ganamos dinero multiplicando ese margen por un volumen alto de ventas (Rotación).

Además de que el margen es pequeño las empresas del sector no suelen tener la capacidad de alterarlo. Es decir que, si no puedes alterar el precio de venta y tampoco bajar costes, haz lo imposible para no perder un pedido y para aumentar tu volumen de producción.

En términos simples la rentabilidad de la empresa hortofrutícola depende la combinatoria de estos dos factores: Margen y Rotación. Algo así como que: “la Rentabilidad es igual al Margen por Rotación” (Rentabilidad = Margen x Rotación).

Aunque, siendo precisos, de lo que realmente estamos hablando es de la famosa rentabilidad sobre activos (En inglés: ROA-Return on Assets). Que expresado en términos esquemáticos sería lo siguiente: $\text{Beneficio neto/Activo} = (\text{Beneficio neto/Ventas}) \times (\text{Ventas/Activo}) = \text{Margen} \times \text{Rotación}$.

Lo bueno de la aproximación simplificada es que nos clarifica cómo, con el multiplicador de dos conceptos muy sencillos, competimos y ganamos dinero. Aunque obviamos las que corresponden al impacto de las inversiones y esto es muy relevante pues parece que nuestro futuro está ligado a nuestra capacidad de acometer inversiones innovadoramente adecuadas.

Por eso nos centramos ahora en analizar nuestras opciones estratégicas bajo el prisma de la rentabilidad sobre activos en toda su extensión. Asumimos algún sesgo pues este índice no nos informa de temas muy relevantes que no están en el activo y pueden enmascarar la rentabilidad real o potencial.

Estas cosas que no están presentes en el activo son las típicas cosas que le contamos al banco cuando vamos a pedirle un préstamo importante para una inversión. Que tenemos un gran conocimiento del mercado, que nuestras redes de distribución son muy estables y con potencial, que tengo un posicionamiento y reputación de empresa muy bueno, que tengo intangibles en diseño de producto o procesos, que tengo relaciones muy influyentes con autoridades o prescriptores y etc.

Lo que sea con tal de que el banquero no piense que con ese margen tan estrecho si nos concede el crédito y lo invertimos en activos bajaremos enormemente la rotación y por tanto, bajará la rentabilidad y por tanto, bajará la capacidad de repagar el préstamo.

Porque recordemos que el valor de esa supuesta inversión va al denominador de lo que llamamos Rotación (Ventas/Activo) como parte del Activo; y todo lo que aumente el denominador, sin aumentar al numerador (Ventas), será un desastre en “una empresa de rotación”. En resumen, hemos convencer al banco, a nuestros accionistas y a nosotros mismos de que aumentaremos las ventas. Y no sólo que las aumentaremos, sino que, gracias a la inversión, las aumentaremos más que proporcionalmente.

Por eso es tan relevante la posibilidad de usar fondos europeos que reduzcan el impacto del denominador (activo). Disminuir el coste de las inversiones con fondos de fomento público nos permiten asumir mayores y más arriesgadas inversiones. Pero hete aquí que la empresa hortofrutícola ya está normalmente sobredimensionada por la inversión en activos para poder atender la volatilidad de la producción.

De hecho, los medios de producción buscan ser capaces de gestionar máximos productivos durante el pico de producción natural de la cosecha. Debido a la volatilidad de la producción no

podemos predecir con exactitud cuándo ocurrirá y la perecibilidad del producto nos obliga a gestionarla en el momento que ocurre sin poder diferirlo en el tiempo.

Este sobredimensionamiento busca evitar el riesgo de ruina. La ruina de necesitar tener que recolectar y procesar el producto y no tener los medios para hacerlo y por ende, perder el total de lo no recolectado. Esto nos lleva, también, a la infrautilización permanente de los activos durante la campaña ya que, al diseñar los medios para el máximo productivo, durante el resto de tiempo, se estará trabajando por debajo de las capacidades instaladas. Como vemos la volatilidad, la perecibilidad y el ciclo de temporalidad natural de la cosecha juega en contra de la rentabilidad.

O sea, que la hortofruticultura es un negocio de rotación, pero con dificultades añadidas. Debido al enorme esfuerzo inversor en medios de producción cebamos el activo que, como veíamos, es el divisor en la fórmula de la rotación. Este hecho baja ineludiblemente la rotación.

En general, podemos decir que, si la inversión necesaria para operar es alta, la rotación será baja (con altos activos baja la rotación). O en palabras más sencillas: “mucho cuidado con las inversiones porque os podéis cargar vuestra empresa hortofrutícola”. Hay que invertir lo mínimo necesario y, si es posible, acompasado al aumento de ventas para compensar el aumento del denominador (Activos) con el aumento numerador (Ventas).

Tradicionalmente, las empresas hortofrutícolas actúan permanentemente intentando subir su rotación. Una de estas medidas es alargar la campaña. Es decir, tratar de combatir las limitaciones de la temporalidad aumentando al máximo las semanas del año en las que se está trabajando. El efecto puede ser doble. Por un lado, aumento de las ventas; y por otro, reducir la infrautilización de los activos. Es decir, mismos activos y más ventas o menos activos y mismas ventas; o incluso, más activos y ventas más que proporcionales.

Para todo lo anterior las decisiones son múltiples. Un ejemplo es tener medios de producción compatibles para diferentes productos (mismos medios y más ventas con otros productos) siempre que los picos de cosecha y actividad no se concentren en el mismo periodo. Ya que si coinciden las campañas y los picos de producción nos obligaría a volver a aumentar la inversión y generar aún más infrautilización a lo largo de la campaña.

Otra medida es tener estrategias de plantación y selección varietal que permitan aplanar la curva de cosecha y diferirla en el tiempo. Es decir, que el pico de cosecha sea inferior y la entrega de cosecha sea menos volátil. Básicamente, se busca subir el volumen de producción fuera de los periodos de picos de cosecha para disminuir la inversión en activos.

En la hortofruticultura sufrimos “la presión de cosecha”. Cuando el producto está maduro hay que cosechar y el producto cosechado hay que venderlo. Una vez plantado, en el corto plazo no podremos elegir repartir la producción a lo largo de la campaña. Muchas veces ni siquiera a lo largo de la semana. Y si no lo vendes baja la rotación permanentemente.

La producción hortofrutícola no tiene mucho que ver con la de la industria manufacturera. Al plantar, para cultivos anuales o multianuales, la producción anual ya está hecha. Es un stock que ya está ahí pero no lo vemos, ni disponemos de él, pero ya es nuestro. Y que, además, no conocemos cuán grande será y lo recibiremos de manera impredeciblemente variable. O precisando mejor, podemos predecir la curva de entrega en el tiempo de ese stock natural

potencial, pero tendrá una gran variabilidad. Dependiendo del producto, puede haber semanas de 3, 5 o 10 veces más volumen del habitual.

Hasta aquí os he puesto en guardia hacia el riesgo intrínseco del sector al sobredimensionamiento de las inversiones en la hortofruticultura pero me gustaría ampliar el concepto a lo que podríamos llamar muerte por inversión. El riesgo de que con las inversiones no seamos capaces de generar muchas más ventas y nos carguemos la rentabilidad al reducir la rotación.

Volviendo a la formula, vemos que la rentabilidad no sólo depende de la rotación. Por mucho que seamos un sector de rotación, el margen tiene su importancia y además, ambos conceptos están íntimamente ligados.

La inversión puede ser capaz de alterar el margen. En la formula, definimos el margen como el beneficio que nos deja cada venta. Por tanto, lleva implícito el precio de venta y coste de producir y vender. Una inversión clave en tecnología o biotecnología puede bajar apreciablemente los costes y, en consecuencia, proporcionarnos margen extra.

La tecnología es la manera en que combinamos los factores de producción de una manera diferente para, idealmente, elevar la productividad. Es decir, que con tecnología superamos las limitaciones de los factores más gravosos o escasos para producir más con menos.

En hortofruticultura esto significa producir más kilos con menores o iguales costes. La inversión tecnológica tiene ese potencial de ampliar el margen al reducir los costes unitarios, pero al mismo tiempo nos obliga a vender más. Necesitamos vender más no sólo para mantener la rotación (al subir el activo con la inversión hay que subir ventas) sino también para evitar el riesgo de ruina (la ruina de la no-venta).

Si no tenemos la capacidad comercial o el canal para vender más, corremos el riesgo de no poder vender parte de la producción. Y, normalmente, en el intento de evitar el riesgo de la no-venta, bajamos los precios erosionando el margen que habíamos conseguido con la inversión tecnológica.

Estas son algunas importantes preguntas previas a la inversión: ¿podremos vender más? ¿Vamos a producir en un momento en que ya me sobra? ¿Vamos a intentar en un momento del mercado ya saturado de competencia? ¿Podremos mantener el precio de venta y por tanto el margen?

Incluso si la respuesta a la última pregunta fuera no, hay poderosas razones para apostar por la inversión si baja apreciablemente los costes y el acceso a la tecnología está limitado a una parte de los competidores. Si hay barrera de adopción de la tecnología por los competidores estaremos protegidos por la bajada de costes y además estos mismos competidores se resistirán a bajadas suplementarias de precios en los mercados dándonos capacidades competitivas extras.

Pero, en cualquier caso, adquiere sentido la búsqueda de garantías comerciales de venta y crecimiento dentro de estas supuestas cadenas de suministro alineadas estratégicamente.

Después de hablar de la muerte por inversión toca hablar de la muerte por no-inversión. Esta es una muerte dulce. Las empresas hortofrutícolas que dejan de invertir generan buena tesorería

1. Panorama general

y rentabilidad. Debido a las altas inversiones previas en activos, a medida que máquinas e instalaciones van amortizándose, desaparecen de la contabilización. Son activos que siguen aportando y siguen en funcionamiento, pero ya están amortizados. En nuestra fórmula mágica, al no tener valor contabilizable, estos activos amortizados, dejan de dividir a las ventas y nos eleva el ratio de la rotación.

Es un espejismo de rentabilidad por alta rotación y la razón por las que las empresas en obsolescencia mueren lenta y alegremente. Casi que se pueden anticipar candidatos a la desaparición con 10 años de antelación. Estas empresas suelen ser muy agresivas en precios debido a que pueden compensar bajada de margen con su irreal alta rotación. Sin embargo, no suelen proporcionar buen servicio o garantías extendidas.

Aunque todo anterior nos da los fundamentos de nuestras opciones estratégicas en el entorno europeo, no deja de ser cierto que cada empresa es una combinación más o menos única de margen y rotación que es difícil de alterar en la buena dirección y muy fácil en la mala.

Y cualquier decisión nos lleva a más preguntas por resolver:

- ¿Qué tecnologías puedo incorporar que me proporcionen valor hoy?
- ¿Qué tecnologías tengo que empezar a trabajar para conseguir una posición de mejora diferencial competitiva en el medio y largo plazo?
- ¿Qué implica esto globalmente en el posicionamiento de mi empresa?
- ¿Qué nuevos tipos de empleados (RRHH) habré de contratar para esta transformación innovativa?
- ¿Qué costes puedo asumir en estos proyectos de nuevas tecnologías?

Evidentemente no tengo una respuesta general para las preguntas anteriores y depende de cada empresa responderlas adecuadamente. La nueva ola de tecnologías y el músculo financiero proporcionado por los fondos europeos tienen el potencial de alterar la estructura productiva de nuestro sector como nunca antes. Así que, mejor estar preparados sabiendo que no invertir tampoco es una opción.

Bibliografía

Ag Education and Consulting (1999). Forces Influencing the Evolution of Agricultural Value Chains. September 2, 1999.

Barrat, B. (2004). Unveiling Enablers and Inhibitors of Collaborative Planning. The International Journal of Logistics Management, Vol 15, no. 1, pp. 73-90.

Boehlje, M. D. (1999). Structural Changes in the Agricultural Industries: How Do We Measure, Analyse and Understand Them? American Journal of Agricultural Economics, Vol 81, no. 5, pp. 1028-1041.

Chandler, A.D. Jr. (1962), Strategy and Structure, The MIT Press, Cambridge, MA.

Cirera, X., and W. F. Maloney. 2017. The Innovation Paradox: Developing Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up. Washington, DC: World Bank.

- Collins, R. (2011); *Translating Consumer Insights into Sustainable Competitive Advantage*; University of Queensland; Workshop held in Mississauga, Ontario.
- ECR (2003) "The upstream integration model. A foundation for global upstream supply chain improvements"
- EFFP (2005). *Making Collaboration Work*, English Food & Farming Partnerships, London.
- Egelhoff, W.G. (1988), *Strategy and structure in multinational-corporations – a revision of the Stopford and Wells model*, *Strategic Management Journal*, Vol. 9 No. 1, pp. 1-14.
- Fawcett, S., Maignan, G. (2001). *Achieving World-Class Supply Chain Alignment: Benefits, Barriers and Bridges*. Centre for Advanced Purchasing Studies.
- Fearne, A., Pizzolato, N.D., Zanquetto-Filho, H. (2003). *The Measurement of Benefits from and Enablers for Supply Chain Partnerships in the UK Fresh Produce Industry*; *Chain and Network Science*; 3, 59-74; Wageningen University Press.
- Fuglie, Keith, Madhur Gautam, Aparajita Goyal, and William F. Maloney. 2020. *Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture*. Washington, DC: World Bank.
- Gooch, M. (2012). *Factors That Determine Producers' and Agri-Food Businesses' Ability and Motivation to Engage in Value Chain Innovation*. Value Chain Management Centre.
- Kotler, Ph. (1996). *Dirección de marketing*. Ed. Prentice Hall, Madrid.
- Kotler, P., Armstrong, G., Saunders, J. y Wong, V. (1999). *Principles of Marketing*, New Jersey, Prentice Hall Europe.
- Levitt, T. (1983). "The globalisation of markets". *Harvard Business Review*, Vol.61, nº 3, p. 92-102.
- Porter, M. (1974). "Consumer behaviour, retailer power and market performance in consumer goods industries." *The Review of Economics and Statistics*; Vol. LVI, num 4, November; p. 419-436.
- Porter, M. (1984). *Estrategia competitiva*, Editorial CECSA, México D.F.
- Senge, P.M., Dow, M., Neath, G. (2006). *Learning together: new partnerships for new times*, *Corporate Governance*, Vol 6, no. 4, pp. 420-430.
- Trall, W. y Pitts, E. (1997). *Competitiveness in the food industry*. Blackie Academic & Professional. Eds.

Lechugas Iceberg más frescas



Ventajas para el mercado
fresco y procesado

Variedad convencional



Variedad KNOX™



WINNER
FRUIT LOGISTICA
Innovation Award
2017

1.6. La mejora genética, la obtención de alimentos y el Pacto Verde de la Unión Europea¹⁰

José Pío Beltrán
ibeltran@ibmcp.upv.es

Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (UPV-CSIC) y Fundación Triptolemos

Índice

1. Recordando a Malthus: la población creció más de lo previsto
2. La producción de alimentos también creció
3. El aumento de la producción de alimentos por habitante se ha detenido
4. ¿Podrá en algún momento toda la humanidad tener garantizado el suministro de alimentos?
5. La mejora de las plantas
6. El Pacto Verde de la Unión Europea
7. ¿Impulsará el Pacto Verde europeo un doble sistema de nutrición entre sus ciudadanos?
8. Herramientas de la mejora genética: la variabilidad disponible y el cruce sexual
9. Técnicas para aumentar la variabilidad: las mutaciones
10. Las plantas transgénicas
11. La edición genómica
12. El potencial real de la edición genómica
13. Tomates a la carta por edición genómica
14. Las innovaciones sin un marco regulatorio adecuado son inútiles

Resumen

Thomas Robert Malthus fue, quizás, el primer catedrático de economía política; trabajo académico que desempeñó en la Compañía de las Indias Occidentales de Inglaterra. En 1798 publicó “An essay on the Principle of Population” en el que concluía que la humanidad, en su conjunto, estaría sujeta a una escasez crónica de alimentos, y, por lo tanto, una parte de la población pasaría hambre. Su análisis describía el aumento exponencial de la población debido al instinto sexual de los hombres, mientras que su capacidad de producir alimentos sólo

¹⁰ Este capítulo es una actualización y ampliación del publicado en Biblioteca Horticultura “Malthus, la producción de alimentos y la mejora genética”:
<https://bibliotecahorticultura.com/publicaciones/destacados/malthus-la-produccion-de-alimentos-y-la-mejora-genetica/>

aumentaba, a lo largo del tiempo, de acuerdo con una progresión aritmética. Veamos qué ha sucedido, más de doscientos años después, con los análisis de Malthus y con sus predicciones.

1. La población creció más de lo previsto

En primer lugar, respecto del aumento de la población, Thomas R. Malthus se quedó corto. Recordemos que cuando Malthus escribió su ensayo, la población mundial no superaba los 980 millones de personas, mientras que en 2022 la especie humana ya supera los 7.800 millones de individuos y los demógrafos calculan que seremos unos 9.000 millones en el año 2050 y para finales de siglo superaremos los 10.000 millones de personas. Todo ello, a pesar del control efectivo de la natalidad en amplias áreas geográficas como Europa, América del Norte, Latinoamérica y Oceanía, mientras que la población continúa creciendo vigorosamente en Asia y especialmente, en África.

2. La producción de alimentos también creció

Respecto de la predicción sobre el crecimiento de la producción de alimentos Malthus también se quedó corto. De hecho, durante varias décadas del siglo pasado se produjo, de la mano de Norman Borlaug, la llamada Segunda Revolución Verde. Este mejorador y, posteriormente, premio Nobel de la Paz, obtuvo variedades de trigo y arroz semi enanas por hibridación de variedades de tallo muy corto con variedades altamente productivas, y esos híbridos los cruzó de nuevo con variedades resistentes a enfermedades. Estos cruces dieron lugar a plantas con tallos fuertes que se desarrollan vigorosamente con fertilización nitrogenada y son capaces de soportar espigas con un mayor número de semillas. La combinación del uso de estas semillas con la mecanización del campo y la fertilización de los suelos produjo un aumento del rendimiento de las cosechas sin precedentes. Un país deficitario en la producción de alimentos, como era México, multiplicó en la década de 1960 su producción, de forma que se convirtió en país exportador de grano. Al expandirse el uso de estas nuevas variedades a otras partes del mundo, como India y Pakistán, la producción global de grano por habitante y año pasó de unos 250 kg en 1950 a más de 350 kg durante los años 90 del siglo pasado, con lo que la producción global de alimentos llegó a superar a la demanda.

3. El aumento de la producción de alimentos por habitante se ha detenido

Sin embargo, en los últimos tiempos, el aumento anual de la producción de alimentos por habitante se ha detenido e incluso comienza a disminuir. La lucha de la FAO en pro de alcanzar la Seguridad Alimentaria parece haberse estancado en una situación donde unos 800 millones de personas están malnutridos o pasan hambre. Todo ello, sin contar el peligro que supone, para la producción y distribución de alimentos, pandemias como la que padecemos actualmente causada por el coronavirus SARS-CoV-2, que provoca la enfermedad Covid-19, que ya ha alterado seriamente los usos y la comercialización, por ejemplo, del trigo por el principal exportador, Rusia, o provocado aumentos en los desperdicios de alimentos, como el de las fresas en India, el del cacao blanco en Perú, el de la leche en Canadá o América del Norte, o el de las

frutas, cosechadas o dejadas de cosechar, en Francia, Italia o España, desperdicios que se sumarán a los que ya producimos anualmente, que de forma global, se calcula tienen un valor de 400.000 millones de dólares o dicho de otra forma servirían para alimentar a unos 1.260 millones de personas (Torero, 2020). El actual conflicto armado entre Rusia y Ucrania, en el que de forma indirecta se han implicado la Unión Europea y Estados Unidos de América, ha impactado fuertemente en los mercados de alimentos (25 millones de Tm de trigo no se pueden exportar al mundo desde Ucrania). Esto sucede en mayo de 2022 en un momento en el que el desenlace del conflicto es imprevisible y cuando la FAO nos está advirtiendo de un aumento considerable del número de personas que pasan hambre ocasionado sobre todo por el aumento de los precios de la energía y de los alimentos. Todo ello nos conduce a la consideración de que, a pesar que las predicciones sobre el aumento de población y la capacidad de producir alimentos realizadas por Malthus han resultado equivocadas, de hecho, su conclusión acerca de la amenaza permanente de hambre que sufre una parte de la población humana se mantiene.

4. ¿Podrá en algún momento toda la humanidad tener garantizado el suministro de alimentos?

¿Podremos en algún momento garantizar que todas las personas tengan acceso económico y físico a una alimentación suficiente, segura y nutritiva que les permita disponer de una dieta adecuada para disfrutar de una vida activa y saludable? Para responder a esta cuestión hay que considerar de una forma holística el Sistema Alimentario Global, como hacemos desde la Fundación Triptolemos. Para que el Sistema Alimentario cumpla su función son necesarios diversos factores, como los que hacen posible la producción y disponibilidad de alimentos; factores económicos que permitan su transporte y adquisición, factores regulatorios que faciliten el libre comercio; la seguridad y la calidad nutricional de los alimentos; y factores culturales como los ligados a las preferencias gastronómicas de la población. Basten dos ejemplos para subrayar la importancia de estos últimos: se estima que si el potencial agrícola se concentrara en la producción de alimentos vegetales podríamos alimentar al doble de la población mundial actual. Esto es debido a que las calorías y las proteínas de los alimentos derivadas de animales son mucho más costosas de producir en términos de superficie de cultivo, consumo de agua, fertilizantes o productos fitosanitarios requeridos. Como es obvio, esto requeriría que toda la población mundial adoptara la cultura vegetariana o vegana; algo muy improbable. En segundo lugar, para resaltar la importancia de los factores culturales en alimentación, no quiero dejar de comentar la más que posible relación entre el consumo de algunos animales salvajes, debido a las preferencias gastronómicas de algunos grupos sociales, y la aparición de enfermedades emergentes como la causada por el SARS-CoV-2.

5. Mejora de las plantas

La mejora genética ha jugado y jugará un papel fundamental entre los factores que pueden garantizar una producción de alimentos que facilite la disponibilidad de los mismos para toda la población, como comentaremos a continuación, pero ya adelanto que nunca va a ser la panacea

que resuelva todos los aspectos que permitan disponer de un Sistema Alimentario Global funcional.

La mejora de las plantas se ha basado en los conocimientos técnicos y científicos disponibles a lo largo de la historia de la Agricultura. Hace más de diez mil años el hombre agricultor ya era consciente de que las plantas sufrían cambios a lo largo de las generaciones. No les hacía falta conocer las bases moleculares de dichos cambios - en realidad mutaciones de su material genético - para comprender que les era útil seleccionar las semillas. Por ejemplo, seleccionaban individuos que hubieran perdido la capacidad de dispersar las semillas, ya que la dispersión de semillas favorece la extensión de la especie en el medio natural, mientras que dificulta la recolección por parte del agricultor. Durante el siglo XVIII se generaliza en Inglaterra la selección de líneas vegetales en base a la multiplicación de plantas que portan las mutaciones deseadas y su combinación. Es este tipo de abordaje agronómico el que sustentaba la producción de alimentos a la que se refirió Malthus en 1798.

6. El Pacto Verde de la Unión Europea

En diciembre de 2019 la Comisión Europea publicó la Comunicación sobre el Pacto Verde (Green Deal) que define un conjunto de líneas de actuación con el propósito de convertir a la UE27 en una zona climáticamente neutra en el año 2050. El Pacto Verde trata de responder a las demandas de la FAO en pro de una agricultura sostenible realizadas en 2014 que sugieren (1) mejorar la eficiencia de los sistemas agroalimentarios; (2) aumentar la resiliencia de los sistemas agronómicos para que puedan adaptarse a episodios de cambio extremo; (3) conservar, proteger y mejorar los recursos naturales; (4) proteger y mejorar los entornos rurales mejorando la igualdad y el bienestar social y (5) promover mecanismos de gobernanza responsables y efectivos.

En respuesta a estas demandas, el Pacto Verde propone dos estrategias básicas: De la granja a la mesa ("From Farm to Fork", F2F) y la Estrategia de Biodiversidad. Algunos de los objetivos que plantean son:

- Expandir las áreas protegidas al 30% del territorio de la UE
- Reforestar con un total de tres billones de árboles y restaurar 25.000 Km de ríos y revertir la decadencia de los polinizadores
- Reducir un 50% el uso y por tanto el riesgo de la exposición a pesticidas
- Reducir por lo menos un 20% la utilización de fertilizantes de síntesis
- Reducir un 50% las ventas de antimicrobianos (antibióticos) utilizados en ganadería y acuicultura
- Aumentar la superficie agrícola dedicada a agricultura orgánica desde el 8% actual hasta el 25% de toda la tierra agrícola el año 2030
- Reducir un 10% la superficie agrícola dedicada a usos productivos
- Revisar las regulaciones dedicadas al bienestar animal
- Implementar estrategias que faciliten el secuestro de carbono en los suelos agrícolas.

Es difícil estar en desacuerdo con los objetivos del Pacto Verde, sin embargo, diversos expertos cuestionan la falta de estudios previos sobre el impacto que alguna de estas medidas puede

tener sobre la producción de alimentos, el comercio internacional o sobre la competitividad de la agricultura europea (ver por ejemplo, Beltrán, J.P. et al., 2021 “Report on the impact of European Green Deal from a Sustainable Global Food System approach” en www.triptolemos.org).

Existe consenso generalizado sobre la importancia de encontrar aliados de los objetivos del Pacto Verde basados en el conocimiento, la ciencia y la tecnología siempre que se habiliten mecanismos eficaces y eficientes de transferencia de las tecnologías innovadoras al sector agroalimentario. Se trataría de encontrar medidas compensatorias que permitan hacer frente a la pérdida de productividad que conllevará el Pacto Verde. Por tanto, vamos a necesitar un apoyo sin restricciones a la ciencia de la agricultura de la conservación; agricultura y ganadería de precisión; mejora genética de precisión vegetal y animal incluyendo las nuevas tecnologías de edición de genomas; control integrado de plagas; gestión sostenible del agua de riego y de las industrias de alimentos; gestión tratamiento y puesta en valor de los residuos industriales, de la agricultura y de la ganadería; desarrollo de la bioeconomía; introducción de nuevos mercados de carbono y desarrollo de nuevas tecnologías de procesado de alimentos.

No se nos escapa que todas estas novedades van a requerir nuevos marcos regulatorios que habrá que implementar. Más adelante dedicamos un apartado específico dedicado a esta problemática.

7. ¿Impulsará el Pacto Verde europeo un doble sistema de nutrición de sus ciudadanos?

Los expertos de la Fundación Triptolemos nos advierten de este peligro. Vaclav Smil en “Feeding the World” ya nos dice que pretender alimentar a la creciente población mundial mediante un sistema basado exclusivamente en el reciclado de materia orgánica y rotaciones de leguminosas requeriría doblar o triplicar la superficie cultivada de nuestro planeta. Obviamente esto es insostenible y por tanto nunca dispondremos de suficientes alimentos orgánicos para todos. Sin embargo, es un hecho que los alimentos orgánicos son bastante más caros que los tradicionales hasta el punto de que, por ejemplo, un aumento en los precios de los alimentos de un 20% supondría a su vez otro de centenares de millones entre los que pasan hambre o están malnutridos, como ya estamos observando como consecuencia del alza de los precios provocada por la guerra entre Rusia y Ucrania. El aumento propuesto de la superficie dedicada a la agricultura orgánica (hasta el 25% de toda la superficie dedicada a la agricultura) además de disminuir la producción total, encarecerá una parte de los alimentos a los que sólo tendrán acceso las clases acomodadas europeas. Además, se transmite a la ciudadanía mensajes falsos respecto de los alimentos orgánicos que conllevan fuertes consideraciones éticas. Comencemos diciendo que no hay evidencia científica, contrariamente a lo que se afirma, de que los alimentos biológicos, orgánicos o ecológicos sean mejores y más saludables que los alimentos tradicionales y sin embargo su consumo se asocia (mediante poderosas campañas de marketing, públicas y privadas) con una mejor calidad de vida y con un estatus social privilegiado, lo que puede hacer que los consumidores que no puedan acceder a esos productos piensen que están condenados a comer menos saludable que los que sí pueden. Deberíamos evitar que la gente crea que los alimentos naturales son sinónimo de alimentos sanos, de hecho, es perfectamente posible

construir una dieta sana basada en alimentos tradicionales y otra muy insana basada en alimentos orgánicos. Y viceversa. No perdamos de vista además que lo relevante en la nutrición de las personas son las dietas, no los productos per se

8. Herramientas de la mejora genética: la variabilidad disponible y el cruce sexual

A partir de 1918, comienza lo que podemos denominar la época de la obtención de híbridos, que aprovechan el fenómeno de la heterosis o vigor híbrido que se observa en la primera generación descendiente de los cruces realizados para combinar caracteres deseados que portan las líneas puras de ambos parentales. La heterosis de los híbridos tiene un gran impacto sobre los aumentos de producción de las principales cosechas dedicadas a la alimentación. Como ejemplo podemos señalar que, a partir de 1960, con la introducción de semillas híbridas, en tan solo unas décadas, la superficie necesaria para producir una tonelada de maíz en España se reduce a una tercera parte.

9. Técnicas para aumentar la variabilidad: mutaciones

A partir de 1928 se incorpora a las estrategias de mejora de las plantas de cosecha el uso de las radiaciones para generar mutaciones que aumentan la diversidad disponible. El uso de agentes mutagénicos químicos y físicos han permitido obtener más de 3.000 variedades de plantas de cosecha de más de 200 especies vegetales introduciendo caracteres de interés agronómico, como cambios en el tamaño o la forma de las plantas cosechadas o la introducción de tolerancia a estreses abióticos o resistencia al ataque de diversos agentes patógenos.

10. Las plantas transgénicas

A partir de 1982, año en que se publica el primer trabajo de obtención de una planta transgénica, se abre la posibilidad de utilizar la ingeniería genética para obtener los cultivos transgénicos o biotecnológicos. Los cultivos transgénicos han demostrado ser instrumentos que permiten aumentar la productividad y que contribuyen a mitigar problemas ambientales asociados a la agricultura industrializada, como el uso de combustibles fósiles, la pérdida de suelo por erosión o la contaminación de suelos y aguas por el uso de productos fitosanitarios (Beltrán, J.P., 2018). Mientras que la mejora genética tradicional se basa en el cruce sexual entre parentales de especies compatibles dentro de la diversidad genética disponible, la ingeniería genética ha permitido eliminar la barrera del cruce sexual ya que permite incorporar genes responsables de los caracteres deseados -aislados de cualquier especie- a las plantas de cultivo de interés agronómico. Así, en las últimas dos décadas la superficie acumulada de cultivos transgénicos de primera generación ha sido superior a 1.500 millones de hectáreas, lo que es equivalente a una superficie treinta veces la de España. En el año 2018, el 80% de la producción mundial de soja, el 30% de la de maíz y de la de colza y el 70% de la de algodón fueron transgénicas, lo que da una idea de su impacto en el Sistema Alimentario.

11. La edición genómica

En los últimos años se están desarrollando herramientas de mejora genética derivadas del uso de tecnologías de edición genómica como CRISPR/Cas. Estas tecnologías permiten aumentar, de forma precisa, la variabilidad de los caracteres de las plantas de cultivo asociada a la mejora vegetal utilizadas hasta la fecha, esto es, permite añadir a las estrategias de base física (uso de radiaciones) y química (uso de compuestos mutagénicos), estrategias biológicas de precisión, ya que, mediante la edición genómica, es posible cambiar específicamente un único gen o incluso varios sin alterar el resto del genoma. Por el contrario, las estrategias utilizadas con anterioridad, basadas en el uso de radiaciones o en agentes químicos mutagénicos, producen multitud de cambios genéticos al azar.

Desde 2014 se han publicado numerosos trabajos dando cuenta de cambios responsables de mejoras de caracteres concretos en numerosos cultivos utilizando técnicas de edición genética, como, por ejemplo, la introducción de resistencias frente a muchos estreses bióticos y abióticos. Las tecnologías derivadas de CRISPR/Cas para su uso en mejora vegetal están evolucionando con mucha rapidez y se han utilizado incluso para llevar a cabo procesos de domesticación de novo de especies como el tomate partiendo de la especie silvestre *Solanum pimpinellifolium*.

12. El potencial real de la edición genómica

A pesar de estos avances -impensables hace sólo unos años- se discute hoy el potencial real de estas tecnologías para aumentar, como podría ser el caso, los límites actuales del rendimiento máximo de una cosecha fijado por la eficacia relativa de procesos complejos como la fotosíntesis, pues, para ello, se requerirían intervenciones simultáneas sobre muchos genes localizados incluso en distintos compartimentos celulares. Sin embargo, podría haber caminos alternativos para aumentar la producción las cosechas mediante técnicas de edición genética dirigidas a disminuir las pérdidas producidas por estreses bióticos y abióticos.

Los mejoradores tienen muchas esperanzas en la incorporación de las denominadas “New Plant Breeding Techniques” basadas en la edición genética. El contexto científico técnico es muy favorable, ya que nuestra capacidad de secuenciar los genomas de cualquier planta ha aumentado enormemente, mientras que el coste de las técnicas de secuenciación de nueva generación se ha reducido drásticamente. También ha mejorado mucho nuestra capacidad de almacenar datos y de analizarlos (“data mining”) al tiempo que cada vez conocemos mejor el impacto de los genes que porta cada individuo con los alimentos que ingiere (Nutrigenética) y cómo los alimentos que ingerimos condicionan la expresión de nuestros genes (Nutrigenómica). Todo ello, en su conjunto, apunta a la posibilidad de llegar a una nutrición personalizada ligada a las variantes genéticas de las personas, de manera semejante a como la medicina apunta hacia una medicina personalizada.

13. Tomates a la carta por edición genómica

En nuestro laboratorio estudiamos el proceso de formación de los frutos de tomate. Realizamos observaciones que permitieron constatar que los órganos sexuales masculinos de la flor del

1. Panorama general

tomate, las anteras en desarrollo, bloquean el desarrollo del ovario no polinizado. Entonces, diseñamos un abordaje biotecnológico para impedir el desarrollo temprano de los órganos sexuales masculinos del tomate. Pensamos que, eliminando las anteras, eliminaríamos también su papel represor y, por tanto, los ovarios podrían desarrollarse en ausencia de fertilización produciendo frutos sin semillas o partenocárpicos. La partenocarpia es un carácter muy útil en agronomía, ya que permite, en los tomates de uso industrial, eliminar las etapas de filtrado de semillas en purés o pastas que son necesarias para evitar el enranciamiento del producto causado por las semillas. En los tomates de consumo en fresco, la partenocarpia independiza la producción de frutos de condiciones ambientales adversas como la temperatura alta, que, con frecuencia, condiciona la productividad de las cosechas. La primera aproximación que utilizamos impidió el desarrollo de anteras produciendo plantas transgénicas de primera generación. Basándonos en estos resultados hemos dado un paso más, utilizando la tecnología CRISPR/Cas9, para demostrar que la inactivación específica de genes responsables de la formación del polen es suficiente para desencadenar el desarrollo de frutos sin semillas (Figura 1) Esta tecnología nos habilita para obtener frutos partenocárpicos en cualquier variedad de tomate.



Figura 1. Fenotipo de tomates partenocárpicos de la variedad Moneymaker editada comparado con el de la variedad silvestre

14. Las innovaciones sin un marco regulatorio adecuado son inútiles

Existe un gran interés sobre el potencial de la edición genómica para contribuir a la Agricultura del futuro. Convertir el nuevo conocimiento en innovaciones que aporten valor al sector agrario supone desafíos de tipo regulatorio a los que se está respondiendo de manera diferenciada desde distintos ámbitos geográficos y socioeconómicos

Muchos países se han adelantado a distinguir, desde el punto de vista regulatorio, los distintos procedimientos de edición genómica. Algunos países americanos como Argentina, Chile, Brasil, Colombia o Paraguay han adaptado sus legislaciones o publicado normas para contemplar específicamente la edición genómica. En general, las normativas contemplan resoluciones, caso por caso, basadas en la distinción del tipo de edición genómica utilizado: SDN-1, SDN-2 o SDN-3. Estados Unidos ha hecho un esfuerzo normativo importante que permite que las empresas lleven a los mercados productos editados genéticamente. De hecho, ha aprobado ya la comercialización de champiñones, a los que se les ha editado un gen del enzima polifenoloxidasas, que no pardean en los lineales de venta o en las casas de los consumidores y de un aceite saludable de soja, producido por la empresa Calyxt, al que se le eliminan las grasas trans editando sus enzimas ácido graso desaturasa. Por su parte, Japón ha dado luz verde a la comercialización de tomates editados con alto contenido en GABA con efectos beneficiosos asociados a mantener baja la presión arterial de los consumidores. Curiosamente, China, que es el país más activo en la investigación de las técnicas de edición genómica para introducir en las cosechas nuevos caracteres, no ha publicado normas al respecto.

La regulación de los cultivos transgénicos en la UE está sujeta a la Directiva Europea 2001/18/EC, que se aprobó de acuerdo con un principio de precaución que atendía a supuestos peligros que el consumo de productos transgénicos podría tener para la salud de los consumidores y para el medio ambiente. Estos peligros no se han materializado en los más de veinte años que esta Directiva lleva en vigor. Sin embargo, las restricciones que impone dicha regulación han dificultado la investigación científica y el emprendimiento en el sector agro-biotecnológico europeo. En el mes de julio de 2018, el Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) (véase Case C-528/16) sentenció que el uso de las variedades de plantas obtenidas mediante edición genómica se tiene que regular de acuerdo con la Directiva que regula los cultivos transgénicos. En su decisión, probablemente fue determinante el uso de técnicas de ingeniería genética en los procedimientos de edición de genomas y, si bien es cierto que las tecnologías de edición se pueden utilizar también para introducir genes, en cuyo caso hablaríamos de nuevos cultivos transgénicos, también lo es que la mutagénesis dirigida por edición genómica no supone la introducción de genes foráneos. Las nuevas variedades deberían ser evaluadas por lo que son; no por cómo se han obtenido. No parece razonable que dos variedades con una mutación idéntica sean reguladas de forma diferente. Las mutaciones de las nuevas variedades están sujetas a trazabilidad mediante la secuenciación de su genoma, pero no respecto de la tecnología utilizada para su obtención. De todo esto se deduce la conveniencia de separar el uso de las técnicas de mutagénesis dirigida por edición genómica de la regulación mediante la Directiva 2001/18/EC que fue aprobada muchos años antes del desarrollo de las técnicas de edición genómica.

La comunidad científica de la UE, bajo la iniciativa denominada EU-SAGE (<https://www.eu-sage.eu/>), ha solicitado a las autoridades europeas un cambio urgente en la regulación de las técnicas de edición genómica. La Comisión Europea, en su informe de 29 de abril de 2021, reconoce las limitaciones de la legislación europea vigente para seguir el ritmo de los avances científicos en este ámbito, así como que la legislación en vigor podría ser inadecuada para regular algunos tipos de aplicaciones basadas en tecnologías de edición genómica. También reconoce que estas tecnologías podrían ayudar a conseguir los objetivos del UE “Green Deal” e insta a una posible modificación de la legislación en vigor. En un contexto internacional urgiría

1. Panorama general

también conseguir una armonización conceptual y regulatoria de la propia definición de cultivo transgénico y de los productos obtenidos mediante edición genómica.

En conclusión, se están produciendo avances del conocimiento que permiten augurar un aumento de nuestras capacidades de producir alimentos. Sin embargo, como hemos señalado, estos avances no parecen ser suficientes para garantizar la Seguridad Alimentaria. Para ello, se tendrán que conjugar las tecnologías de producción de alimentos, los mercados, el acceso económico de los individuos, las prácticas políticas y regulatorias y nuestros anhelos gastronómicos.

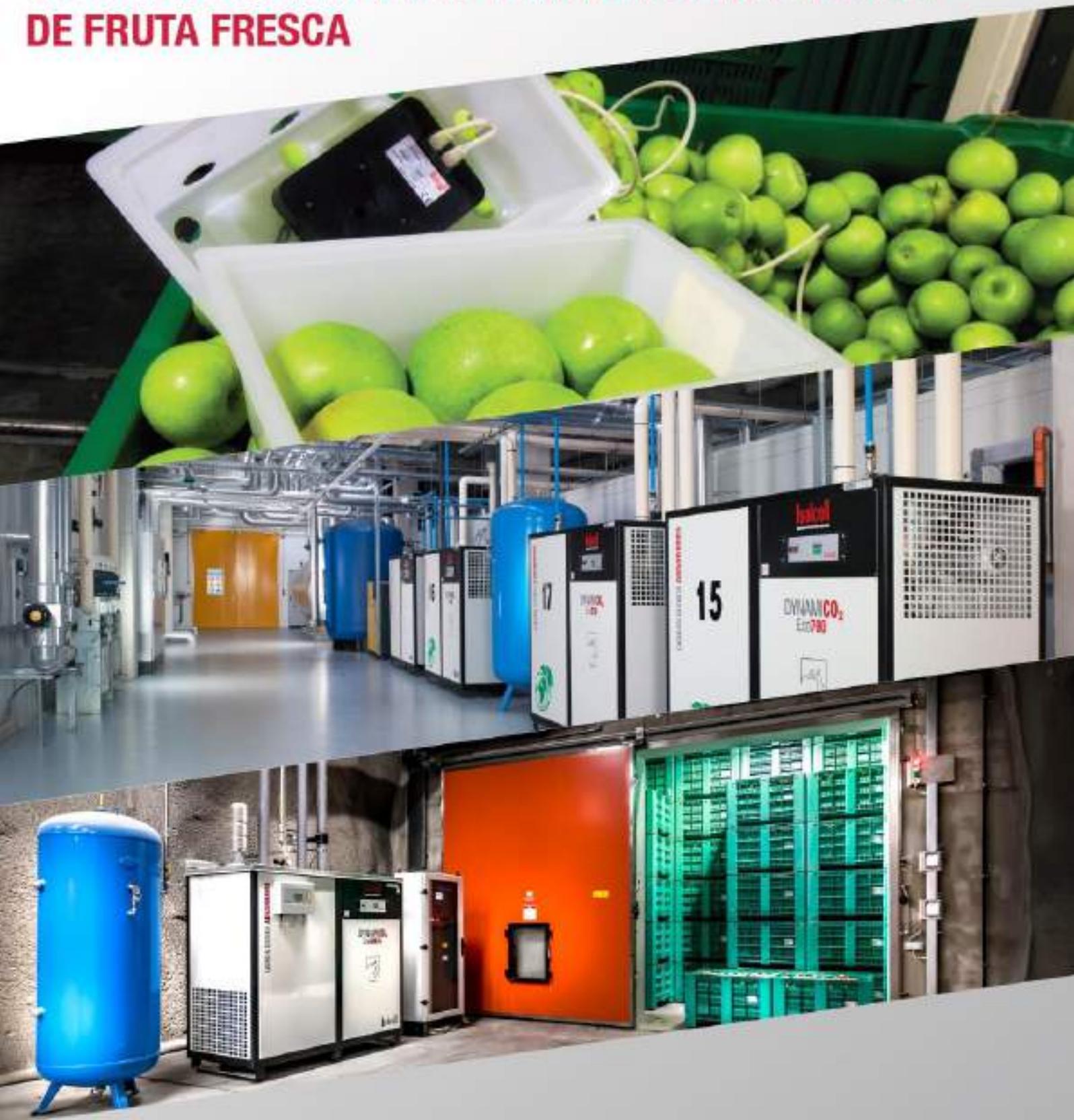
Bibliografía

- Beltrán, J.P. (2018). Cultivos transgénicos. Ed. CSIC-Los libros de la Catarata. 126pp. Madrid.
- Beltrán, J.P. et al. (2021). Food security and innovative tools with a Global Food System approach. *European Food and Feed Law* 16: 202-211.
- López Márquez, D., Bejarano, E.R. y Luna, A.P. (2018). El sistema CRISPR/Cas, un poderoso aliado contra los organismos fitopatógenos. *Fitopatología* 3: 26-35.
- Menz, J. et al. (2020). Genome edited crops touch the market: a view on the global development and regulatory environment. *Frontiers in Plant Sci.* 11: 1-17.
- Van der Meer, P. et al. (2020). The status under EU law of organisms developed through novel genomic techniques. *European J. Risk Regulation* doi: 10.1017/err.2020.10
- Torero, M. (2020). Without food there can be no exit from the pandemic. *Nature* 580:588-589.
- Zhu, H., Li, C. y Gao, C. (2020). Applications of CRISPR-Cas in agriculture and plant biotechnology. *Nature Reviews* 21:661-677.

Isolcell

CONTROLLED ATMOSPHERE SINCE 1958

SOLUCIONES AVANZADAS PARA LA CONSERVACIÓN DE FRUTA FRESCA



Isolcell
CONTROLLED ATMOSPHERE SINCE 1958

ISOLCELL SpA - Via A. Meucci, 7 - 39055 Laires (BZ) - ITALY

Tel. +39 0471 964050 - Fax +39 0471 953575 - e-mail: isolcell@isolcell.com - www.isolcell.com

Responsable de area: St. Stefano Brigadue M. +39 349 593 93 61 mail: stefano.brigadue@isolcell.com



#itsournature

Eficiencia y Sostenibilidad

En Modelos Agronómicos de Frutales



La conjunción de la mejor genética en variedades y portainjertos, de los modelos agronómicos

Basados en copas bidimensionales de plantaciones intensivas, con la mejor tecnología de producción; tienen como objetivo el uso eficiente de insumos, la reducción de los costes de producción, la mejora de la calidad y la mayor sostenibilidad de las producciones frutícolas.



1.7. Innovación tecnológica en fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad

Ignasi Iglesias

iiglesias@agromillora.com

Agromillora Group

Índice

1. Situación actual y evolución
2. Precios, inputs y costes de producción
3. Tecnología de producción y fruticultura eficiente
 - 3.1. El material vegetal: variedades y patrones
 - 3.2. Sistemas de conducción
 - 3.3. Tecnología de producción
4. El futuro: hacia la eficiencia y la sostenibilidad
5. Conclusiones
6. Relación de diapositivas

Resumen

Se expone la situación actual y la evolución de la producción de fruta dulce en España, así como los aspectos más destacables en el ámbito de la innovación tecnológica que marcarán su evolución en los próximos años. El sector de la fruta dulce es el que más aporta a la Producción Final Agrícola de España. El melocotonero lidera la producción europea y las exportaciones mundiales. El Valle del Ebro es la zona productora por excelencia y las especies de hueso lideran la producción actual, aunque con una estabilización de las producciones en los últimos años. La innovación tecnológica ha caracterizado este sector, unos de los más dinámicos de la hortofruticultura española. Innovación que se basa en el material vegetal (nuevos patrones y variedades), los sistemas de formación utilizados y la tecnología de producción aplicada, que incluye todas las operaciones de cultivo (poda, recolección, riego, tratamientos, etc.). En material vegetal, las nuevas variedades han supuesto un cambio radical en beneficio del productor y del consumidor. Sin embargo, los desajustes oferta demanda y condicionantes externos al sector productor han dificultado añadir valor al producto y obtener las rentas deseables y justas para los productores. El alza continuada de los costes de producción en el período 20002-2020 ha ido en sentido inverso a los precios de venta de la fruta. Los patrones disponibles para el control del vigor han supuesto una innovación destacable, al posibilitar la intensificación de las plantaciones, mejorar su eficiencia, así como reducir los costes de producción.

1. Panorama general

Se expone la situación actual de los patrones disponibles y algunos ejemplos de su eficiencia. Los sistemas de formación han evolucionado hacia copas de menor volumen, más bidimensionales, con mayor número de ejes y mejor accesibilidad a las operaciones manuales y a las máquinas. Las formas en eje central son las predominantes en manzano, el vaso de pequeño volumen lo en especies de hueso, mientras que doble eje o Ypsilon es utilizado en diferentes especies como el peral, manzano o melocotonero y el multieje se encuentra en fase de estudio. La tecnología de producción ofrece una importante innovación para la mejora de la eficiencia en el uso de inputs como el agua, los fertilizantes o los pesticidas. Se basa en la monitorización de variables edáficas, climáticas y en la sensorización del estado de la planta. Ello unido al material vegetal y al sistema de formación ha sido el complemento para una mejora de la eficiencia productiva y en el uso de los inputs, además de la mejora de la calidad y la mirada puesta en la visión artificial, las cámaras multispectrales y la robótica para la recolección. Todo ello para disponer de sistemas o modelos productivos cada vez más eficientes y sostenibles tanto ambientalmente como para las rentas de los productores.

1. Situación actual y evolución

La producción de las diferentes especies de fruta dulce en España se aproxima a los 3 millones de toneladas anuales, con una superficie cercana a las 200.000 hectáreas en el año 2020 y un crecimiento constante desde la década de los años 70 del siglo pasado. Ello lo convierte en el segundo subsector, incluyendo los cítricos, por su aportación a la Producción Final Agraria (52.219 millones €), con el 18% de la misma (incluidos los cítricos) y un valor de 8.877 millones € en el año 2020. Las especies de hueso, en particular el melocotonero y el cerezo, han ido ganando importancia en detrimento de las especies de pepita, ya sea manzano o peral, tendencia que se ha invertido en los últimos años por el retroceso del melocotonero, debido a la crisis de precios en el período 2014-2019. Dicho incremento se debió fundamentalmente a la mejor adaptación de las especies de hueso a los climas secos y calurosos que caracterizan la mayoría de zonas frutícolas de España. En la Tabla 1 se resume la aportación por especies tanto a la superficie como a la producción nacional. Sin duda alguna, el melocotonero lidera tanto las superficies como las producciones y las exportaciones. Le sigue en importancia el manzano y el peral.

Tabla 1: Superficies y producciones de las especies de fruta dulce en España en el año 2019 y 2020

Especie	Superficie 2019 (ha)	Producción media 2019-2020 (t)
Manzano	29.637	510.278
Peral	20.623	308.315
Melocotonero	77.464	1.452.300
Cerezo	27.604	127.398
Albaricoquero	20.235	165.643
Ciruelo	14.851	178.383
Total	190.414	2.742.317

Fuente: elaboración a partir AFRUCAT, MAPA, EUROPECH y PROGNOFRUIT

La distribución geográfica de la superficie nacional dedicada a la fruta dulce (Figura 1) muestra que más de la mitad se concentra en el Valle del Ebro, concretamente Cataluña y Aragón, siendo

la principal área productora de manzana, pera y melocotonero (Tabla 2). Le sigue en importancia la Región de Murcia, Extremadura y la Comunidad Valenciana.

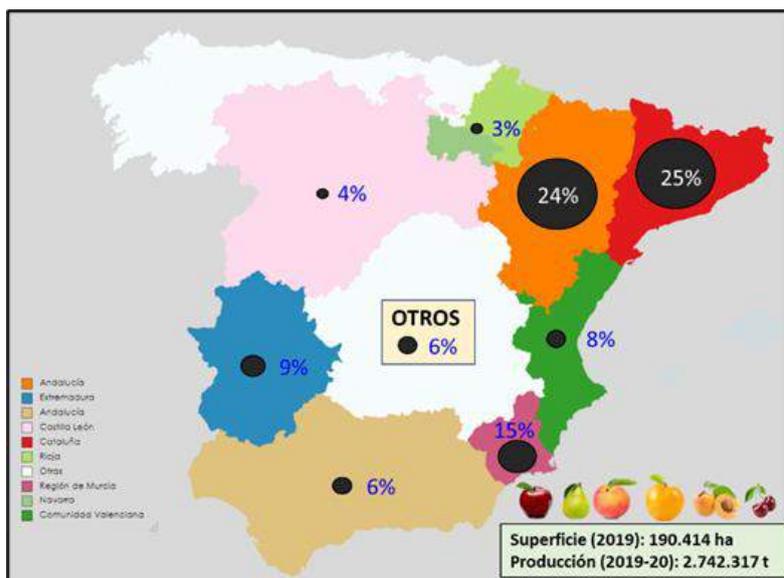


Figura 1. Distribución de la superficie de las especies de fruta dulce cultivadas en España por Comunidades Autónomas en 2019. Fuente: elaboración propia

Además de la distribución de la superficie por Comunidades Autónomas es importante conocer como la producción total de 2.742.317 t se distribuye regionalmente y cuál es la tendencia de las producciones en las mismas; ambas se reflejan en la Tabla 2. Puede observarse un patrón similar al de las superficies, con el Valle del Ebro aportando el 53% de la producción nacional, liderada por Cataluña con el 31% y seguida por Aragón (21%), ambas regiones muy importantes en la producción de las tres especies más importantes: melocotonero, manzano y peral. La distribución geográfica por especies muestra como el melocotón (todas las tipologías de fruto incluidas) es la más importante en todas las Comunidades Autónomas, mientras que el manzano y peral se concentran principalmente en el Valle del Ebro, el cerezo en Extremadura y Aragón y la ciruela en Extremadura. Tras el incremento de todas las especies de hueso en las últimas tres décadas en los últimos años se observa una disminución o estabilización de las mismas. Lo mismo ocurre con el manzano y el peral que después de retroceder en las últimas décadas, actualmente se encuentran estabilizadas.

Un aspecto importante del sector frutícola es conocer la evolución de las producciones por especies en el tiempo. Ello constituye un buen indicador de como aquellas mejor adaptadas y/o las más exportadas o consumidas sustituyen a otras. Para ello se han comparado las producciones de las principales especies frutícolas en los períodos 1985-1986 y 2019-2020, como valores medios de los dos años de cada período. Los resultados se exponen en la Figura 2, donde se observa que el mayor cambio ha sido el notable incremento del melocotonero en detrimento en gran medida del manzano y en menor grado del peral. También el resto de especies de hueso han aumentado significativamente, en particular el cerezo. Ello es consecuencia de su mayor adaptación, en particular del melocotonero, a los climas secos y calurosos que caracterizan las principales zonas frutícolas de España, en particular el Valle del Ebro, la Región de Murcia o Extremadura, donde se localiza mayoritariamente esta especie. A pesar de este incremento muestra una estabilidad, con un ligero retroceso en los últimos años,

1. Panorama general

tras el veto ruso iniciado en agosto de 2014. El manzano ha perdido casi la mitad de la producción, estabilizándose en los últimos años en las 500 t anuales. Análogamente ha sucedido en el peral tras el fuerte retroceso debido al arranque de Blanquilla iniciado hace 15 años. El cerezo muestra un incremento importante en la década de los 90 y la primera de los 2000 para estabilizarse posteriormente, mientras que el ciruelo y el albaricoquero muestran una estabilidad o retroceso en los últimos años en algunas regiones. En cualquier caso, las especies de hueso se encuentran en un período de ajuste oferta-demanda tras su fuerte incremento en las décadas de los 90 y 2000. A pesar de ello siguen liderando las exportaciones en particular el melocotonero, el cerezo y el ciruelo.

Tabla 2. Producción (t) de las especies de fruta dulce en España por Comunidades Autónomas los años 2019, 2020 y la media de ambos

Unidad geográfica	Comunidad Autónoma	Especie	Producción 2019 (t)	Producción 2020 (t)	Producción 2019-2020 (t)	Tendencia 2010-2020
Valle del Ebro	Cataluña	Manzano	315.533	235.434	275.484	↓ =
		Pera	141.163	138.044	139.604	↓ =
		Melocotón	280.862	202.499	241.681	=
		Nectarina	226.408	140.183	183.296	=
		Albaricoquero	11.669	9.399	10.534	=
		Cerezo	8.018	8.127	8.073	=
		Ciruelo	3.945	4.669	4.307	↓
	TOTAL	987.598	738.355	862.977	= ↓	
	Aragón	Manzano	93.552	70.844	82.198	= ↓
		Pera	54.153	47.393	50.773	↓
		Melocotón	244.893	228.221	236.557	=
		Nectarina	158.694	156.416	157.555	=
		Albaricoquero	20.936	20.451	20.694	= ↓
		Cerezo	41.549	29.383	35.466	=
Ciruelo		11.262	8.125	9.694	↓	
TOTAL	625.039	560.833	592.936	= ↓		
TOTAL	1.612.637	1.299.188	1.455.913	= ↓		
Extremadura	Extremadura	Manzano	440	490	465	↓
		Pera	6.367	9.500	7.934	↓
		Melocotón	51.200	47.050	49.125	↓
		Nectarina	57.450	58.450	57.950	↓
		Albaricoquero	4.699	2.150	3.425	↓
		Cerezo	41.799	22.084	31.942	=
		Ciruelo	92.390	77.600	84.995	=
TOTAL	254.345	217.324	235.835	↓		
Andalucía	Andalucía	Manzano	7.291	6.563	6.927	↓
		Pera	4.440	5.995	5.218	↓
		Melocotón	38.410	34.326	36.368	↓
		Nectarina	37.986	34.902	36.444	↓
		Albaricoquero	3.677	4.607	4.142	=
		Cerezo	6.632	6.993	6.813	=
		Ciruelo	23.350	19.673	21.512	=
TOTAL	121.786	113.059	117.423	= ↓		
Región de Murcia	Región de Murcia	Manzano	1.410	1.280	1.345	↓
		Pera	25.870	23.284	24.577	=
		Melocotón	228.089	225.016	226.553	=
		Nectarina	102.043	76.983	89.513	=
		Albaricoquero	72.758	64.524	68.641	=
		Cerezo	2.158	2.389	2.274	=
		Ciruelo	15.355	14.382	14.869	=
TOTAL	447.683	407.858	427.771	= ↓		
Comunidad Valenciana	Comunidad Valenciana	Manzano	8.441	6.113	7.277	↓
		Pera	4.339	3.796	4.068	↓
		Melocotón	26.447	18.876	22.662	↓
		Nectarina	17.458	11.970	14.714	↓
		Albaricoquero	25.306	18.551	21.929	=
		Cerezo	6.327	2.145	4.236	=
		Ciruelo	12.928	12.701	12.815	=
TOTAL	101.246	74.152	87.699	= ↓		
Otras	Otras CC.AA.	Todas especies	418513	416843	417.678	↓
ESPAÑA	TOTAL	Todas especies y CCAA	2956210	2528424	2.742.317	= ↓

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del MAPA

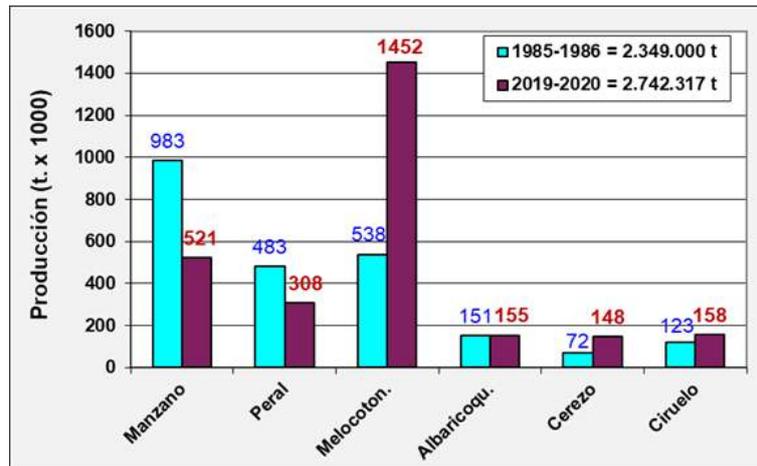


Figura 2. Comparación de las producciones de las especies de fruta dulce en España en los períodos 1985-1986 y 2019-2020. Fuente: elaboración propia

2. Precios, inputs y costes de producción

Los costes de producción unido a la producción y al precio de venta constituyen los factores determinantes de la rentabilidad de las empresas frutícolas. Los precios percibidos por los productores constituyen el caballo de batalla del sector productor, en particular de melocotonero, pero también en manzana, ciruelo y cereza. Considerando el período que se inicia con la entrada de España en la Comunidad Económica Europea (CEE) 2002-2020 y las especies melocotón y manzano (Figura 3), el precio medio percibido en el Valle del Ebro no ha sido no muy superior a los costes de producción expuestos en la Figura 3. En la misma Figura 2, se exponen los precios anuales medios percibidos por los productores correspondientes a la variedad ‘Golden’. En ambos casos se observa una tendencia claramente bajista y divergente de la inflación alcista (línea punteada azul). Si se analizan para el mismo periodo los precios de dos importantes inputs como son la mano de obra y el gasóleo, se observa que la tendencia es inversa con una tendencia alcista superior a la inflación (Figura 3). Se han considerado en ambos casos precios corrientes. Además de la tendencia altamente inflacionista de la mano de obra, esta es cada vez más escasa y menos especializada, por lo que es hay que pensar en una fruticultura con labores fáciles de explicar y de ejecutar.

Los datos de la Figura 3 muestran que nos encontramos ante un largo período, desde la entrada de España en la CEE en 2002, con una tendencia alcista de los costes de los inputs (mano de obra, gasóleo, electricidad, maquinaria, agua, fertilizantes, etc.) y bajista de los precios percibidos por los agricultores (Figura 3). Esta tendencia se consolidará desafortunadamente en 2021 con el fuerte encarecimiento de la electricidad, de los carburantes y fertilizantes. Como consecuencia, la supervivencia, continuidad y competitividad de las empresas frutícolas, ante la imposibilidad en la práctica de incidir en los precios, pasa por la reducción de los costes de producción mejorando la eficiencia en el uso de los inputs en el proceso productivo y aumentando la productividad de las plantaciones, objetivos no siempre fáciles de alcanzar tras décadas de ajustes. La eficiencia en el uso de inputs se ha mejorado continuamente desde hace más de 30 años gracias a la mejora genética (nuevos patrones y variedades), a la intensificación de las plantaciones, a sistemas de formación basados en formas planas y árboles de pequeño

1. Panorama general

volumen con fácil accesibilidad a las labores manuales y a las máquinas, y a la tecnología de producción en particular la mecanización, la fertirrigación, la digitalización, la automatización, en definitiva, a la fruticultura más tecnificada (Figura 13). Estos factores se analizan a continuación.

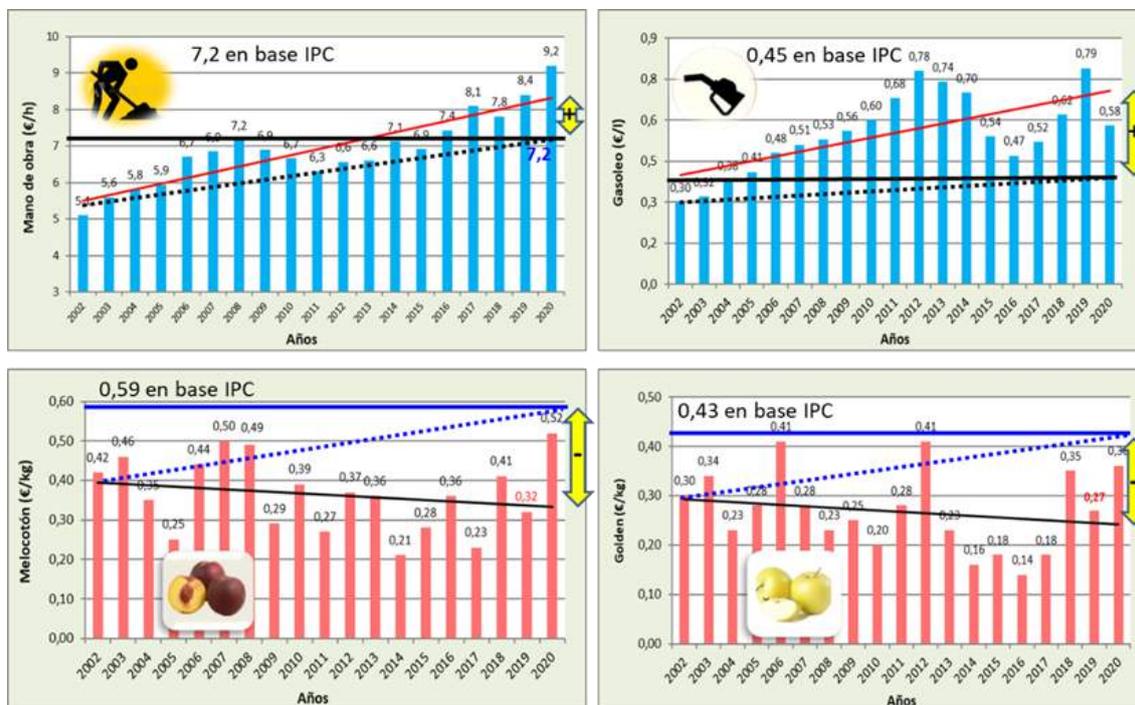


Figura 3. En la parte superior, precios corrientes de la mano de obra y del gasóleo agrícola. En la inferior precios medios corrientes percibidos por los productores del Valle del Ebro para el melocotón y la manzana a lo largo del período 2002-2020 con las correspondientes líneas de ajuste en continuo. La línea punteada indica la evolución de la inflación y en la parte superior de cada figura cual sería precio basado en la inflación del período 2002-2020

Finalmente es importante analizar los costes de producción y su partición por conceptos para así conocer cuáles son los más importantes y como pueden reducirse. En la Figura 4 se exponen los mismos, como valores medios correspondientes al Valle del Ebro, para las especies manzano, peral, melocotonero (variedad de media estación) y cerezo (variedad de media estación), especies muy importantes en las principales zonas frutícolas. El coste de los inputs (mano de obra, tratamientos, fertilizantes, maquinaria, mantenimiento del suelo, etc.) representan el 66%, 63%, 69% y 75%, respectivamente para la manzana, pera, melocotón y cerezo, respectivamente. De estos la mano de obra es el más importante en todas las especies, llegando a alcanzar el 65% para la cereza, donde destaca el coste de recolección. El segundo lo constituyen los tratamientos fitosanitarios, los fertilizantes, el mantenimiento del suelo y maquinaria. El resto corresponden a costes fijos como son la amortización, el seguro o la gestión/asesoramiento. El análisis de costes realizado indica claramente que los que pueden reducirse son los variables, en particular la mano de obra y otros inputs, como los tratamientos fitosanitarios. Esta reducción puede alcanzarse modificando la forma y tamaño de la copa e incrementando la eficiencia productiva, como se expone a continuación.

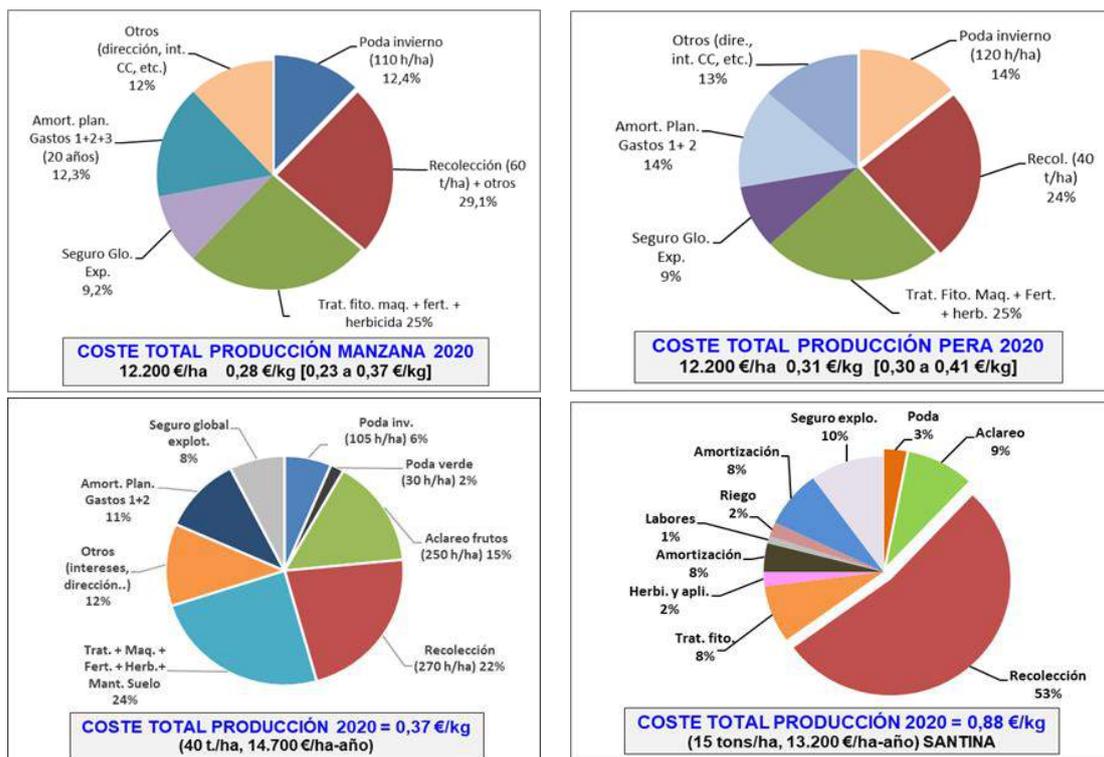


Figura 4. Partición de los costes de producción correspondientes a manzano, peral, melocotonero (media estación) y cerezo para el año 2020 y en el Valle del Ebro

3. Tecnología de producción y fruticultura eficiente

Una mirada retrospectiva al sector de la fruta dulce en España en la tecnología de producción, permite observar importantes cambios en las últimas décadas. Cambios necesarios por la cambiante coyuntura política, económica y social a la que el sector ha debido adaptarse constantemente a base de la innovación, que siempre ha caracterizado al sector. Citar como hechos significativos la entrada de España a la Comunidad Económica Europea en el año 1986, la progresiva globalización de los mercados y de los intercambios comerciales, las crisis de precios recurrentes y el aumento continuado de los costes de producción, el giro a las políticas verdes (Green Deal y estrategias de la “Granja a la mesa” y “Biodiversidad”) de la Unión Europea a partir del año 2023 con la sostenibilidad y la protección del medio ambiente como telón de fondo. Y más recientemente la adaptación a los efectos de la Covid-19 y a la revolución tecnológica en curso. En el primer caso ha supuesto una mayor valoración y apuesta de los consumidores por el producto local. En el segundo la disrupción de nuevas tecnologías que posibilitaran una producción más eficiente en el uso de inputs basada en la medida y en la precisión. A ello hay que añadir las exigencias o demandas cambiantes de la sociedad y su mayor sensibilidad a los aspectos medioambientales, en particular la protección del clima y la lucha contra el cambio climático. Las demandas de los consumidores en múltiples aspectos como calidad gustativa, innovación, facilidad de consumo, productos ecológicos, precio o aspectos relacionados con la salud, cada vez más importantes.

El presente artículo y dada la complejidad de la cadena de valor de la fruta desde el productor hasta el consumidor, se centra únicamente en el apartado de la tecnología de producción y

concierno por tanto a los productores de fruta. Esta se sustenta en tres pilares: la innovación en material vegetal (variedades y patrones), los sistemas de conducción y la tecnología de producción (Figura 5). La integración holística de los mismos son los que han conducido y conducirán hacia la fruticultura del futuro, basada en una producción cada vez más eficiente y sostenible de la mano de la innovación tecnológica. La sostenibilidad ambiental de la producción, de las rentas de los productores y también social por tratarse un sector altamente demandante de la mano de obra, constituirán la hoja de ruta por la que deberá transitar el sector para adaptarse a los requisitos establecidos en el marco del Pacto Verde de la Unión Europea y de la Agenda 2030 de la ONU. La sostenibilidad ambiental requiere de la intensificación de las plantaciones como requisito para la eficiencia de los inputs, también denominada “intensificación sostenible”. En esta intensificación sostenible, el material vegetal (patrones y variedades), la forma y el volumen de copa (bidimensional y de pequeño volumen) y la tecnología del cultivo (mecanización, sonorización, monitorización, etc.) constituirán las bases para alcanzar la eficiencia en el uso de inputs como la mano de obra, los productos fitosanitarios, el agua y los nutrientes.

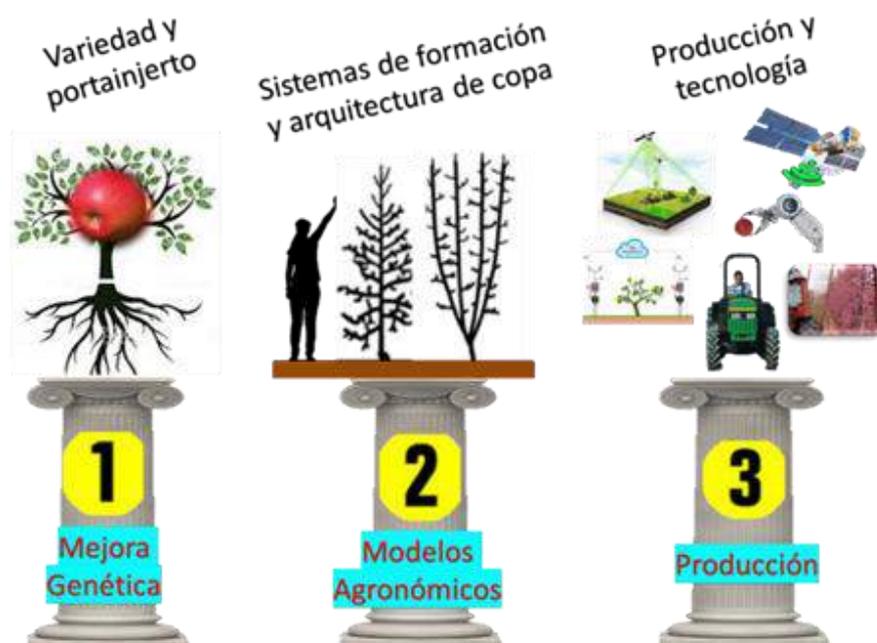


Figura 5. Los tres pilares en los que se basa la producción eficiente y sostenible de fruta: la nuevas variedades y patrones, los sistemas de formación y la arquitectura de copa y la tecnología de producción

3.1. El material vegetal: variedades y patrones

Variedades

La variedad constituye sin duda la piedra angular en fruticultura, pues al final se traduce en innovación en los lineales perceptible por el consumidor. La creación varietal aporta y amplía las perspectivas de los consumidores en aspectos tan importantes como la calidad gustativa, la comodidad de consumo, la diversidad de tamaños, colores y formas, la diversidad de fechas de recolección y los aspectos nutraceuticos y de salud. Esta innovación deberá por tanto añadir valor en destino y a los productores, la base de la cadena. Buen ejemplo de ello es el desarrollo de nuevas variedades en forma de “club” en diferentes especies.

Al progreso que ha aportado la mejora genética tradicional se ha unido en las últimas décadas el avance de la ingeniería genética y de las nuevas técnicas de edición genómica como CRISPR/Cas9. En el Tabla 3 se expone a modo de ejemplo un resumen de la innovación varietal en diferentes especies. Como común denominador, citar como objetivos de la mejora la presentación visual de los frutos, en particular color y calibre; las características organolépticas, como textura, jugosidad, o dulzor; la tolerancia a enfermedades como el moteado, oidio o monilia, entre otras; la ampliación de los calendarios de maduración; menores requerimientos en horas frío; adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y buen comportamiento en postcosecha.

Tabla 3. Ejemplos de innovación varietal en diferentes especies frutícolas

Especie	Varietades de referencia	Varietades en desarrollo
Manzana	'Gala', 'Red Delicious', 'Golden', 'Fuji', 'Pink Lady'	'Kanzi', 'Honey Crisp', 'Envy', 'Sweet Tango', 'Cosmic Crisp', 'Ever Crisp', 'Rockit', 'Jazz', 'Luiza', 'Red Pop', 'Inobi'
Pera	'Ercolini', 'Blanquilla', 'Conference', 'Williams', 'Comice'	'Elliot', 'Q-Tee', 'Cheeky', 'Fred', 'Pika series', 'Cape Fire', 'Red Sienna Pride'
Cerezo	'Early Bigy', 'Burlat', 'Sunburst', 'New Star', 'Summit', 'Lapins', 'Regina'	'Royal Tioga', 'Nimba', 'Frisco', 'Sweet Ariana', 'Santina', 'Senntental'
Albaricoquero	'Wondercor', 'Moniquí', 'Bergarouge', 'Oscar', 'Mirlo Blanco', 'Orangered',	'Florpria', 'Lido', 'Colorado', 'Rojo Pasión', 'Priscia', 'Farbaly', 'Swired', 'Aprisweet'
Ciruelo japonés	'Black Gold', 'Black Amber', 'TC-Sun', 'Larry Ann', 'Shiro', 'Angeleno'	'Sweet Peeketa', 'Lovita', 'Vampire', 'Lucia Myrtea', 'Victoria Myrtea',

Como ejemplo de esta innovación destacar las nuevas variedades de manzana con texturas jugosas y crujientes y sabor dulce o equilibrado ('Honey Crisp', 'Envy', 'Sweet Tango' o 'Cosmic Crisp', 'Ever Crisp', etc.), las tolerantes a moteado ('Story', 'Opal', 'Bonita', 'Inobi', 'Inogo', 'Red Pop', etc.), las de calibre pequeño y su facilidad de consumo ('Rockit', 'Isaac') o las de pulpa roja con diversos colores de epidermis (serie "Kisabelle"). Pero sin duda el carácter más innovador y que afecta en gran medida a la satisfacción del consumidor ha sido la mejora de la calidad sensorial en particular la textura, la jugosidad y el sabor. En la Figura 6 se exponen como ejemplo algunas de las nuevas variedades que corresponden a esta tipología de fruto y un perfil sensorial de una de las mismas, la variedad 'Envy'. Son numerosas las variedades en proceso de desarrollo con el objetivo de aunar múltiples atributos de interés en una misma variedad como son: la excelente calidad sensorial, la tolerancia a enfermedades y plagas, la presentación diversa de los frutos, la excelente productividad o el buen comportamiento en postcosecha.

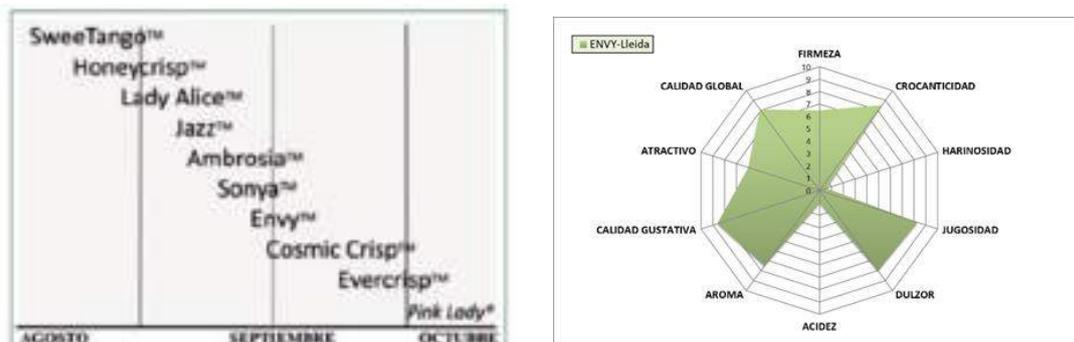


Figura 6. Ejemplo de innovación varietal en manzano focalizado en las características sensoriales y en la satisfacción del consumidor. A la derecha diferentes variedades de esta tipología de fruto y a la izquierda perfil sensorial de 'Envy'. Fuente: Iglesias et al., 2017

En peral, un objetivo destacable ha sido la tolerancia o resistencia al fuego bacteriano, seguido de innovación en la presentación de los frutos ('Q-Tee', 'Cheeky', 'Cape Fire', etc.) y en su textura y comportamiento en postcosecha (serie "Pika" procedente de nueva Zelanda). En esta especie y a pesar de las numerosas variedades obtenidas, es difícil su desarrollo a escala comercial dado que el consumidor está habituado a pocas variedades, muy específicas de cada país y de alta calidad gustativa como es el caso de 'Conference', 'Abate Fetel', 'Ercolini' o 'Blanquilla'. El melocotonero es sin duda la especie donde la creación varietal ha sido mayor con numerosas variedades en todas las tipologías de fruto, aunque de forma global no han aportado un salto diferencial comparado con otras especies en lo referido aspectos de textura, colores de pulpa o tolerancia a enfermedades y plagas. La mejora se ha centrado fundamentalmente en la presentación de los frutos (color y calibre), la ampliación de los calendarios de maduración, el sabor (con la aparición de la nectarina 'Big Top' subácida y las numerosas variedades obtenidas con texturas slow-melting y sabor dulce), la forma (desarrollo de variedades de melocotón plano o paraguayo), las variedades con bajo reposo invernal o low-chilling adaptadas a climas donde antes no era posible la producción de melocotón de calidad y más recientemente las de pequeño calibre, de pulpa roja o las tolerantes a diversas plagas (pulgón verde) y enfermedades (abolladura y oidio). La gama varietal existente hace tan solo dos décadas se ha renovado casi en su totalidad a excepción de las pavías (carne dura y hueso adherido) donde la innovación ha sido menor. La oferta actual es muy amplia y abarca un amplio calendario de maduración desde mayo hasta octubre (Figura 7). Excepto en las pavías, las variedades introducidas las dos últimas décadas son mayoritariamente de sabor dulce, con una alta coloración de los frutos. Estos atributos destacables en cuanto a calidad organoléptica de los frutos y su excelente presentación no siempre están relacionados con producciones regulares a lo largo de los años debido fundamentalmente a las heladas primaverales cada vez más recurrentes, ya estén o no relacionadas con el cambio climático. Ello supone un problema creciente para la rentabilidad de las explotaciones. Sin duda el hecho que ha caracterizado la innovación en esta especie en España ha sido el fuerte desarrollo del paraguayo o melocotón plano, iniciado en el año 2002. En la actualidad cuenta con más de 15.000 ha y en el año 2019 alcanzó las 325.000 t (sobre un total de 1.605.000 t de melocotón, nectarina y pavía), procedentes principalmente de Cataluña, Murcia y Aragón.

También en el cerezo la creación varietal ha sido muy importante. La mejora se ha centrado principalmente en la autofertilidad, la productividad, el calibre y la calidad gustativa. La sensibilidad al cracking de la mayoría de variedades de recolección precoz o semi-precoz sigue siendo un factor limitante, aunque los avances de los últimos años han sido importantes. En albaricoquero, el cambio ha sido sustancial en lo referido a la presentación del fruto (color y calibre), calidad gustativa y fechas de maduración, ampliándose el calendario de recolección hasta septiembre. A ello hay que añadir la buena aptitud a las manipulaciones y al transporte, la autofertilidad de muchas variedades y su tolerancia a la sharka. En ciruelo europeo la innovación ha sido menor en comparación con el japonés, donde más de 90 nuevas variedades se han registrado en tan solo 10 años. La presentación de los frutos (color y calibre), color en todas sus gamas, la alta calidad gustativa (sabor y textura) y el buen comportamiento en postcosecha han sido los objetivos de la mejora genética. España junto a Chile han aportado variedades destacables (Tabla 2), actualmente en proceso de desarrollo comercial.

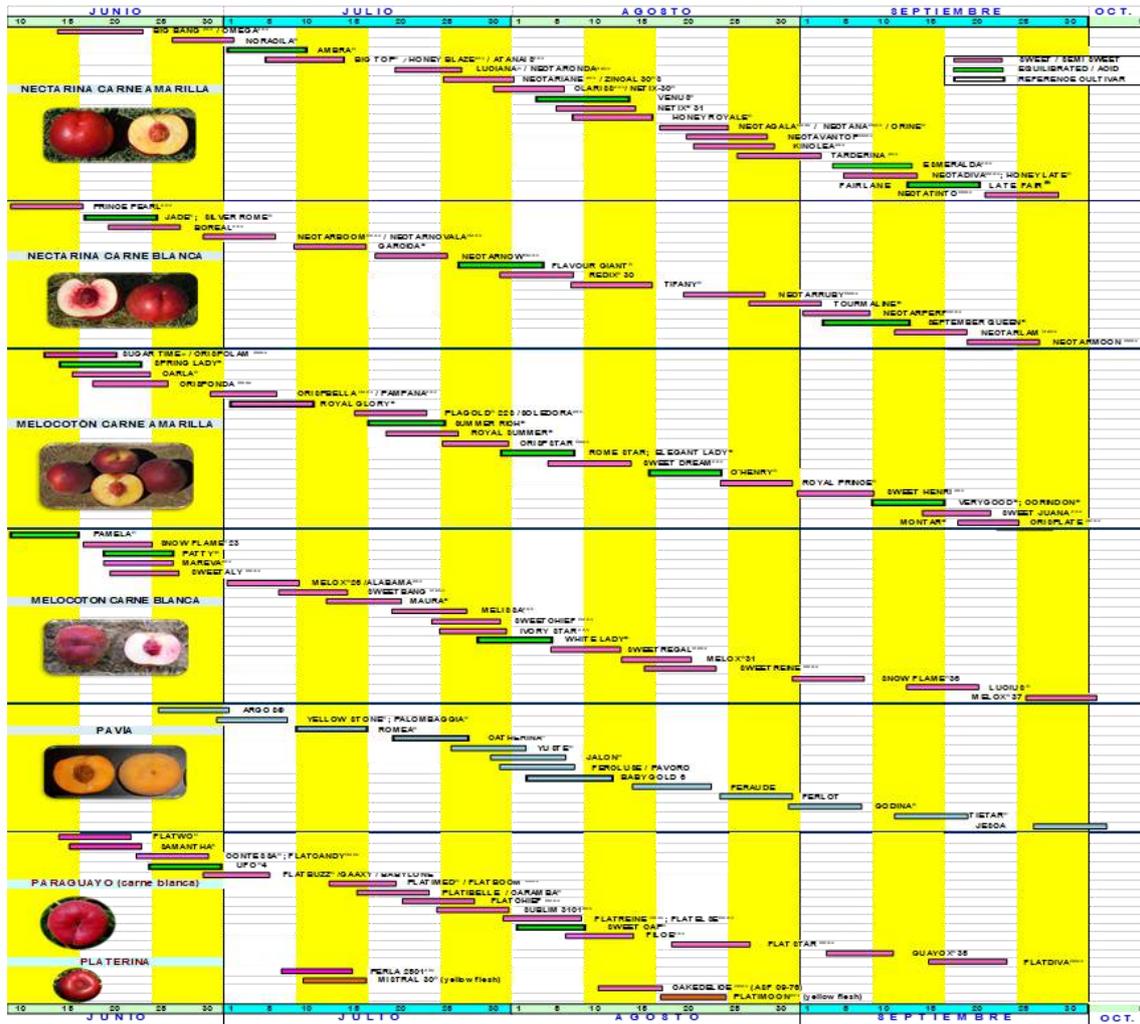


Figura 7. Calendario de maduración de variedades de melocotón, nectarina, pavía, paraguayo y platerina en la zona media del Valle del Ebro y correspondiente al año 2020

Patrones

Como se acaba de exponer, la variedad juega un papel determinante en la innovación de producto y su consecuente valorización por el consumidor en beneficio del productor. El patrón al no ser visible directamente suele ocupar un lugar secundario, pero su importancia es clave tanto en la adaptación a las condiciones edáficas específicas, como en el vigor del árbol, la eficiencia productiva y las características del fruto conferidas a la variedad (color, calibre, Brix, etc.). La evolución de la fruticultura desde mediados del siglo XX se ha caracterizado por la reducción progresiva del volumen de copa y el tránsito hacia copas más bidimensionales, aunque con diferencias entre especies. Este proceso ha ido asociado a la utilización progresiva de patrones enanizantes o semi-enanizantes. Ello ha conducido a la intensificación progresiva de las plantaciones, que posibilitan con una mayor inversión inicial una entrada en producción más rápida. El control del vigor resulta en árboles más pequeños, con una mayor eficiencia productiva debido a la genética del patrón y a que disponen de menor madera estructural, con frutos insertados más cerca del canal de savia con una mejor disponibilidad de fotoasimilados. La disminución del volumen unido a copas más bidimensionales se traduce en la reducción de zonas de sombreado, una mejor exposición de los frutos a la luz y una calidad más uniforme. El

1. Panorama general

impacto de la utilización de patrones para el control del vigor ha sido variable entre especies, indicándose los más destacables en la Figura 10.

El manzano ha sido sin duda la especie de referencia en cuanto al uso de patrones enanizantes, por el gran impacto que a partir de 1950 y hasta la actualidad ha tenido a escala mundial el M9 y sus diferentes selecciones. Se trata del patrón enanizante que mayor impacto ha tenido en la historia de la fruticultura. A este patrón se unieron posteriormente otros de East Malling y en las últimas décadas diferentes selecciones de la serie Geneva (Cornell-USA) como el G-11, G-41, G-213, G-969, etc., que aportan tolerancia a plagas como el pulgón lanígero, a enfermedades como el fuego bacteriano o a la replantación. En la Figura 8 se observa la mejora de la eficiencia productiva y del tamaño de fruto que aportan los patrones G-41 y al G-11 con respecto al M9. En la Figura 9 se ilustra como esta mayor eficiencia productiva y el mayor tamaño del fruto se traducen en unos mayores ingresos para el productor, por el efecto del patrón.

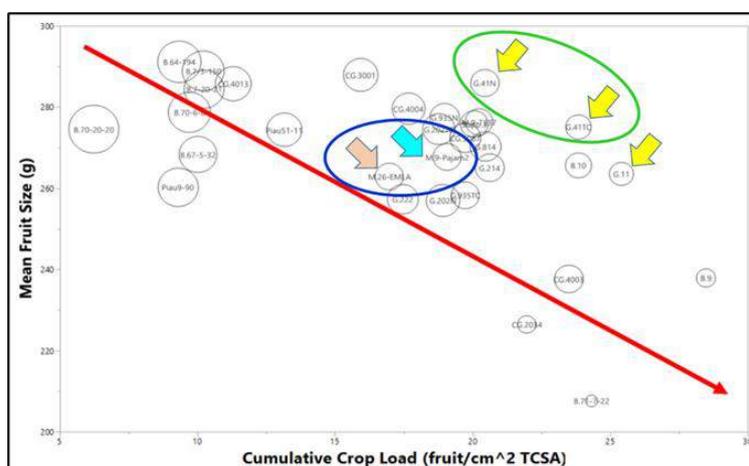


Figura 8. By-plot entre el peso medio del fruto (g) y la producción acumulada por sección de tronco (frutos/cm²) de la variedad 'Honey Crisp' injertada sobre 31 portainjertos. Se resaltan dos selecciones de M9 (EMLA y Pajam-2), el G41 (N y TC) y el G.11 (N) (Fazzio, 2020)

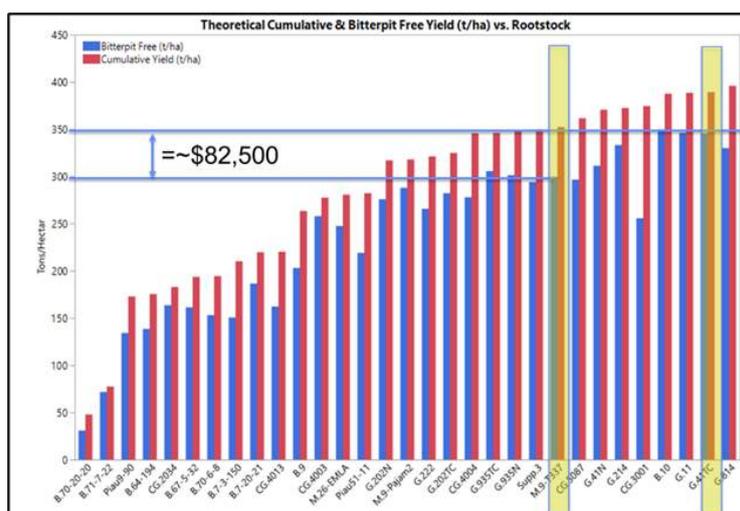


Figura 9. Producción acumulada y producción exenta de bitter pitt de la variedad 'Honey Crisp' sobre diferentes patrones en el 10º año de plantación. Se han destacado los patrones M9 T337 y el G-41 procedente de micropropagación (TC) (Robinson, 2019)

En peral, el uso de los membrilleros se ha generalizado en la mayoría de países a excepción del norte de Europa, norte de USA, China y Sudáfrica. De entre estos los más utilizados en el sur de

Europa son el Provence BA-29, el M-A, el Sydo y más recientemente el M-H. A estos se añaden en variedades de vigor medio y falta de compatibilidad el OHF-87 (Farold), el Fox-9 y las mismas variedades autoenraizadas en el caso de ‘Williams’, Guyot’ y ‘Conference’.

En melocotonero, los patrones vigorosos (GF-677, Garnem, et.) asociados al sistema de formación en vaso de mayor o menor volumen siguen siendo los más utilizados, aunque se dispone de diferentes opciones para plantaciones más intensivas en eje o doble, la mayoría híbridos interespecíficos (Figura 10). En este caso, destacar los diferentes patrones de la serie Rootpac (Rootpac-20, Rootpac-40 y Rootpac-R), diferentes selecciones de ciruelo (Adesoto-101, Montizo, Tetra, Penta, etc.) y otros híbridos interespecíficos (Isthara). Además de la reducción de vigor, patrones como el Roopac-40 aportan un anticipo de la fecha de recolección y una mejora del calibre del fruto. Si ello se combina con formas planas y mecanización permiten la reducción del coste de producción entre 8 y 10 cts/kg.

En cerezo, también las formas en vaso de pequeño o medio volumen son las más utilizados con patrones como Adara o SL-64. Sin embargo, en los últimos años cada vez son más importantes las plantaciones intensivas asociadas a copas bidimensionales y patrones de vigor medio o medio-bajo como Adara en España y los de la serie Gisela en países como Chile, Italia o Alemania. Nuevas selecciones procedentes de la Universidad de Michigan (Estados Unidos) de Chile y de Hungría, se encuentran en fase de evaluación. En albaricoquero y ciruelo la situación es similar a la del melocotonero, utilizándose mayoritariamente patrones vigorosos como el Mirobolán 29C o el Marianna, respectivamente (Figura 10). La disponibilidad de patrones de vigor medio y bajo (Rootpac-20) ha posibilitado plantaciones más intensivas, con copas de menor volumen y formas planas. En cualquier caso, el conocimiento de su comportamiento agronómico y de su capacidad de adaptación a las diferentes zonas de producción son claves para determinar su interés en futuras plantaciones. En todas las especies es patente la progresiva intensificación de plantaciones con la utilización de patrones de menor vigor y la menor dependencia de reguladores de crecimiento por las crecientes restricciones y limitaciones a su utilización en un marco de producción sostenible. El hecho de intensificar las plantaciones incrementa el coste de plantación, pero reduce el coste de formación, al no requerir el arqueamiento o posicionamiento de las ramas secundarias de forma manual.

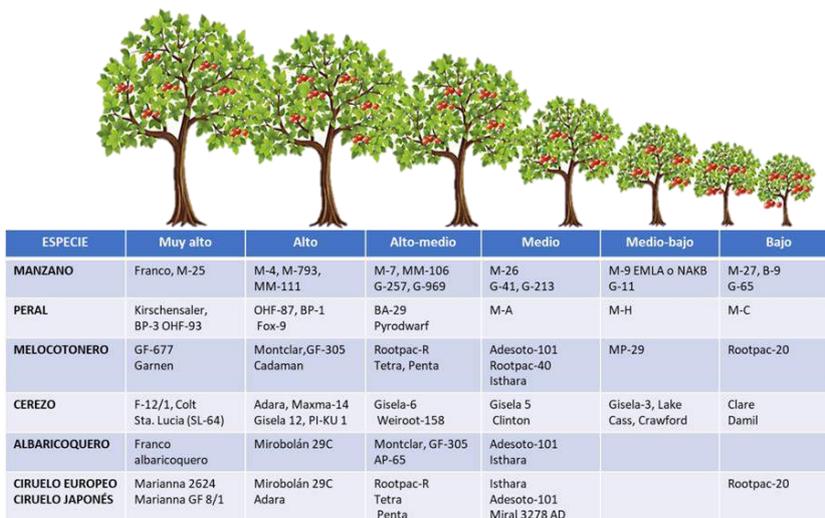


Figura 10. Portainjertos disponibles en diferentes especies frutícolas ordenados en función del vigor conferido a la variedad injertada

3.2. Sistemas de conducción

Una mirada retrospectiva a la evolución de la conducción en frutales evidencia una nítida tendencia hacia la disminución del volumen de copa y a la utilización de copas más bidimensionales, con situaciones diferentes entre especies. Los menores volúmenes de copa a partir de árboles más pequeños han llevado a una progresiva intensificación, es decir, a un mayor número de plantas por unidad de superficie. Ello unido a la necesidad de una estructura de soporte que implica un mayor coste de plantación, compensado por una mayor rapidez de entrada en producción, por costes de producción inferiores tanto en el periodo de formación como en la fase de plena producción y el control del vigor sin la necesidad del uso de reguladores de crecimiento.

La combinación específica patrón/variedad elegida en base a los condicionantes edafoclimáticos y del mercado, condicionará el sistema de formación a desarrollar. Este se traducirá además de una entrada en producción más o menos rápida, en un volumen y forma de copa específicos con consecuencias importantes en el manejo de la plantación. En particular, determinará el grado de accesibilidad a la copa de la mano de obra, las máquinas y los pesticidas, su eficiencia y consecuentemente el coste de producción. En frutales, la mano de obra representa entre el 40 y el 65% de dicho coste, seguido por la protección del cultivo, fertilización y mantenimiento del suelo. Reducir el volumen de la copa y mejorar la accesibilidad a la misma, además de disponer de sistemas de formación de fácil manejo, se imponen ante el encarecimiento constante del coste de la mano de obra, su cada vez menor disponibilidad, y de otros inputs.

El vaso, con patrones vigorosos con sus diferentes modalidades fue el sistema de referencia a mediados del siglo XX en todas las especies frutícolas (Figura 11). Progresivamente se desarrollaron sistemas planos como la palmeta, con mayores requerimientos de mano de obra para su formación. El desarrollo posterior de los patrones enanizantes en manzano y peral, dio paso al eje central con sus diversas modalidades como el “solaxe”, el “tal-spindle” o el “super spindle”. Actualmente son el eje o bieje con menores marcos de plantación los más utilizados (Figura 9). En especies de hueso (melocotonero, cerezo, albaricoquero, ciruelo), el sistema de conducción más común es el vaso con sus diversas variantes, como el vaso de verano de pequeño volumen, basado en patrones semi-vigorosos o vigorosos y el uso generalizado de paclobutrazol, aunque de disponibilidad incierta a partir del 31 de mayo de 2024. Ello obliga a plantear sistemas de formación con patrones de menor vigor, como en manzano, peral o cerezo.

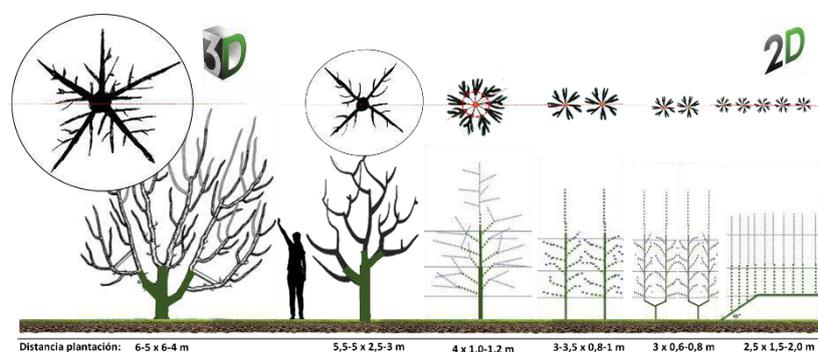


Figura 11. Evolución de los sistemas de formación en las últimas décadas en especies frutales, desde las formas en volumen o 3D a las planas o 2D como el eje, bieje y multileader. En la parte superior, proyección horizontal de la copa. En la inferior, marcos de plantación asociados

La evolución de los últimos años indica en todas las especies una clara tendencia hacia copas bidimensionales a partir de árboles de pequeño volumen y menores marcos de plantación, tal como se ilustra en la Figura 11. Cada árbol debe ocupar un menor espacio al aumentar la densidad de plantación, no siendo preciso disponer de ramas secundarias y terciarias, que se reemplazan por un mayor número de ejes y árboles de pequeño volumen unitario. Ello facilita y abarata la formación del árbol a la vez que requiere de mano de obra menos cualificada, al tratarse de labores de fácil ejecución. En estos tipos de formación y cuanto menor sea la distancia entre los ejes verticales, los frutos se sitúan muy cerca de los canales de sabia principal, están bien iluminados, resultando la calidad uniforme. Además, cuantos más ejes por unidad de superficie, más bidimensional es la copa y mejor es la accesibilidad para su poda, aclareo o recolección. En la última década y siguiendo este razonamiento se está desarrollado en diferentes países (Nueva Zelanda, Italia, Brasil, España, etc..) el multieje de uno o dos brazos con ejes distanciados 20-30 cm y en los que cada brazo es portador de 5-7 ejes, con opción peatonal o de 3-3,5 m de altura (Figuras 11 y 12). Experiencias similares se están desarrollando en cerezo (UFO o Upright Fruiting Offshoots), ciruelo y melocotonero. Como ejemplo de los sistemas actualmente utilizados o en desarrollo en diferentes especies de fruta dulce, se exponen en la Figura 12 diferentes posibilidades partiendo de patrones de vigor medio o bajo.

La intensificación de las plantaciones unido a un mayor número de ejes por ha y a formas de copa más dimensionales (Figuras 11 y 12), posibilita el uso más eficiente de máquinas para la poda, el aclareo y recolección y a la vez mejorar la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios. Todo ello permite una reducción significativa de los costes de recolección. Una opción cada vez más interesante para el futuro es reducir la altura de la plantación, disminuyendo a la vez la distancia entre líneas en alrededor de 2,5 a 3 m. Ello permite realizar todas las operaciones desde el suelo sin la necesidad de plataformas para la poda, aclareo o recolección, en definitiva, plantaciones peatonales.

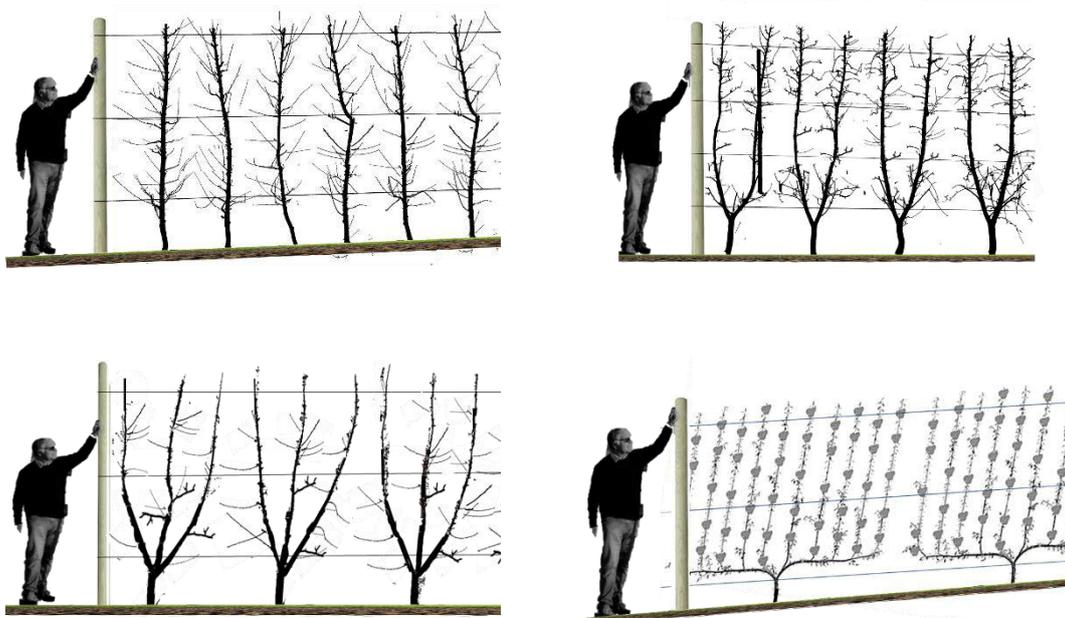


Figura 12. Diferentes sistemas de formación utilizados en frutales, consistentes en el aumento del número de ejes, la reducción de la distancia entre los mismos, de su altura y de la anchura de copa, con el tránsito hacia formas más bidimensionales y mejor adaptadas a la mecanización

3.3. Tecnología de producción

Una vez definida la óptima combinación patrón variedad y asociado un sistema de formación específico se procede a la plantación para obtener tras un breve periodo improductivo la plena producción en un periodo que se prolongará entre 10 y 25 años, según especies e innovación varietal, desde el melocotonero al peral. Los componentes de la tecnología de producción que conforman la mayor parte de los costes son:

- Poda de invierno y poda en verde.
- Aclareo de flores o frutos.
- Protección del cultivo.
- Mantenimiento del suelo.
- Riego y fertilización.
- Recolección.

La poda tanto de verano como de invierno supone entre el 8 y el 14% del coste de producción en frutales (Figura 4). La poda de invierno suele realizarse de forma manual en la mayoría de especies, mientras que la poda en verde se realiza habitualmente de forma mecánica, complementada con la manual. En el primer caso se dispone ya de los primeros prototipos para realizar esta operación de forma robotizada. El aclareo de flores o frutos se realiza químicamente en manzano, complementada por un repaso manual. Cada vez es más común con la generalización de las formas planas el aclareo mecánico de flores, con un interés especial en producción ecológica. En especies de hueso y formación en vaso, el aclareo de flores y frutos se realiza de forma manual, aunque cada vez es más común y práctica habitual realizar el aclareo mecánico con maquinaria específica como son los cepillos manuales neumáticos o eléctricos (Saflowors, Electroflor, etc.). También pueden utilizarse el Ericius o Eclairivale, para el clareo de flores y frutos en sistemas de formación 3D como el vaso. Sin embargo, su eficiencia mejora en formas planas o bidimensionales como son el eje el doble eje o el triple eje y la plameta. En estas formas, la mayor eficiencia se consigue con el Darwin o Fuet por una su mejor accesibilidad al interior de la copa, al igual que ocurre con el aclareo manual.

De dichas operaciones la que es totalmente dependiente de la mano de obra es la recolección, hasta poder realizar en un futuro próximo la recolección robotizada. Esta precisará obligatoriamente de forma planas para un trabajo eficiente. La mano de obra para la recolección supone el mayor coste de producción en especies de fruta dulce, pudiendo alcanzar hasta el 53% en cerezo o el 22% en melocotonero (Figura 4). Su rendimiento y eficiencia se mejora significativamente con formas peatonales planas o bidimensionales que además del fácil acceso desde el suelo conllevan frutos más accesibles. Cuando las plantaciones peatonales no son posibles, la utilización de máquinas automotrices permite acceder a las partes altas de la plantación, aunque ello suponga un coste añadido, pero con la ventaja de que se utilizan para la poda, el aclareo y la recolección. Y en el mismo apartado mencionar la importancia de disponer de faros de cosecha para la planificación de la mano de obra a utilizar y para la programación de ventas a los clientes. En este apartado de cosecha y previsión de cosecha, mencionar que ya se dispone a escala comercial de cámaras multispectrales acopladas al tractor que permiten realizar de forma eficiente los aforos en diferentes fechas, aprovechando por ejemplo la realización de los tratamientos fitosanitarios. Su eficiencia se basa también en la visibilidad de los frutos por las cámaras de visión y aumenta cuanto más bidimensional es la copa.

La protección del cultivo más el mantenimiento del suelo, herbicidas, fertilizantes, correctores, suponen el 25% del coste total de producción. De este porcentaje, el 65% es atribuible a pesticidas, fungicidas y su aplicación, es decir a la protección del cultivo. El tránsito de formas de mayor volumen a copas más pequeñas y bidimensionales, unido a la gran mejora de los equipos de pulverización, ha posibilitado la reducción de la deriva hasta en un 60% cuando la aplicación es side-by-side. Esta reducción supone un ahorro para el productor, además de un notable beneficio medioambiental, requerido por las futuras políticas agrarias de la UE en el marco del Green Deal. El avance de los últimos años de las estrategias de producción integrada unido al desarrollo de estaciones climáticas automáticas permite la monitorización de las condiciones ambientales y el desarrollo de modelos predictivos de enfermedades como el moteado o el mildiu. Ello constituye una gran ayuda para la decisión del momento óptimo de aplicación que, unido a la mejora de los pulverizadores, supone una mejora significativa en la eficiencia del uso de pesticidas, un importante coste de producción (Figura 4).

Los fertilizantes, correctores, junto al agua de riego representan en frutales alrededor del 10% del coste de producción (Figura 4). El desarrollo en la última década de estaciones meteorológicas con mayores prestaciones en el registro de datos y previsiones climáticas, incluyendo sensores para la medición de la temperatura ambiental, de hojas o raíces, del contenido de agua del suelo y del estado hídrico de la planta ha posibilitado, además de automatización del riego, una notable mejora de la eficiencia del agua y de los fertilizantes, cada vez más ajustados a las necesidades hídricas y nutritivas reales de la planta. Ello unido a formulaciones cada vez más eficientes desde el punto de vista de absorción y contenido de nutrientes, a la generalización de la fertirrigación y al progresivo proceso de intensificación basada en árboles más pequeños y eficientes productivamente ha posibilitado la reducción por ejemplo de N de entre un 40-60% respecto a los años 70-80 del siglo pasado. La teledetección de alta resolución permite disponer de mapas NVDI de cada parcela y realizar una monitorización para el seguimiento del estado hídrico del cultivo. Ello permite corregir posibles anomalías debidas a averías del sistema de fertirrigación. En otros casos diseñar antes de la plantación o rediseñar correctamente los sectores de riego en función de las características edafológicas de cada parcela. En ambos casos, riego y fertilización, está ampliamente demostrado que la eficiencia del agua y los fertilizantes está estrechamente ligada a copas de menor volumen y consecuentemente con menor leño estructural. En parte porqué el transporte de agua nutrientes y fotoasimilados se realiza a más corta distancia y se evita el gasto energético de la planta en mantener la actividad metabólica de la estructura de soporte, minimizada en sistemas intensivos. Adicionalmente la distribución de la luz a hojas y frutos se mejora sustancialmente y en consecuencia la calidad del fruto. En definitiva, se trata de disponer de herramientas y soluciones tecnológicas cada vez más eficientes y que sirvan como herramienta de ayuda en la toma de decisiones en aspectos como el momento óptimo de realización de los tratamientos fitosanitarios, el riego, la fertilización o la época de recolección. Las visitas directas y periódicas a las plantaciones seguirán siendo tan o más imprescindibles como hasta ahora, habida cuenta de los retos planteados.

4. El futuro: hacia la eficiencia y la sostenibilidad

Según la Comisión Europea, dado que los sistemas alimentarios siguen siendo uno de los principales motores de la crisis cambio climático y la degradación del medio ambiente, existe una necesidad urgente en la producción agrícola de reducir la dependencia de plaguicidas y de otros inputs. En las últimas décadas las plantaciones intensivas con copas bidimensionales de reducido volumen, formadas en eje central o en doble eje, con el uso de patrones enanizantes, son la práctica habitual en muchas especies frutales (Iglesias 2019; Iglesias y Torrents, 2020). Realizando un análisis global de lo que ha aportado la innovación tecnológica de las últimas décadas, el manzano es un claro ejemplo de cómo se ha avanzado de forma decidida hacia la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas productivos. Así se ha combinado eficientemente los avances de la mejora genética en patrones y variedades. Se han desarrollado sistemas de formación basados en plantaciones más intensivas y copas más bidimensionales y se han aplicado los importantes avances en riego, fertilización, protección del cultivo y mantenimiento del suelo. La evolución hacia dichos sistemas tuvo lugar a partir de los años 1950 con la generalización del uso del patrón enanizante M9 y sustitución de patrones más vigorosos como el M7, el MM111 o el franco.

Como ejemplo de la mejora en la eficiencia de estas plantaciones tanto en la producción, como en el uso de inputs (agua de riego, fertilizantes, tratamientos fitosanitarios, mano de obra para la poda y recolección), en la Figura 13 se expone su evolución en manzano, desde plantaciones tradicionales en vaso de la década de los años 1950-60 a las actuales plantaciones intensivas en eje central. Se trata de un interesante ejemplo que ilustra como con la intensificación de las plantaciones se aumenta la productividad y a la vez se reduce significativamente el uso de inputs. Es decir, más producción con menor consumo de inputs por unidad de superficie, incluida la mano de obra. Dicho de otra forma, producir en 1 ha lo que antes se producía con 3 ha, pero reduciendo los inputs en más de la mitad, de aquí el concepto de “intensificación sostenible” propuesto por la FAO.

El desarrollo de sistemas de formación que permitan el uso eficiente de inputs en las plantaciones frutales es una constante que se viene desarrollando en otros sectores como la viña o la horticultura. El concepto es común para todas las especies: plantas de menor volumen con mayor número por unidad de superficie y poder realizar las diferentes técnicas de cultivo, como la poda a los tratamientos, por encima de las copas de los árboles. Es lo que en fruticultura se denomina “Over Tree Row” que permite avanzar en el concepto de fruticultura de precisión o Fruticultura 4.0 (Figura 14), con labores cada vez más afinadas basadas en copas pequeñas y bidimensionales, tomando como referencia los modelos desarrollados en los cultivos hortícolas. De esta manera se reduce el tiempo requerido para los tratamientos, las pérdidas por deriva y su coste en más del 40%. A ello se han unido recientemente los equipos de pulverización autónomos, tanto para plantaciones en vaso como intensivas. Y esta será la hoja de ruta del futuro a la cual deberán adaptarse los diferentes modelos agronómicos propuestos en las especies frutícolas.

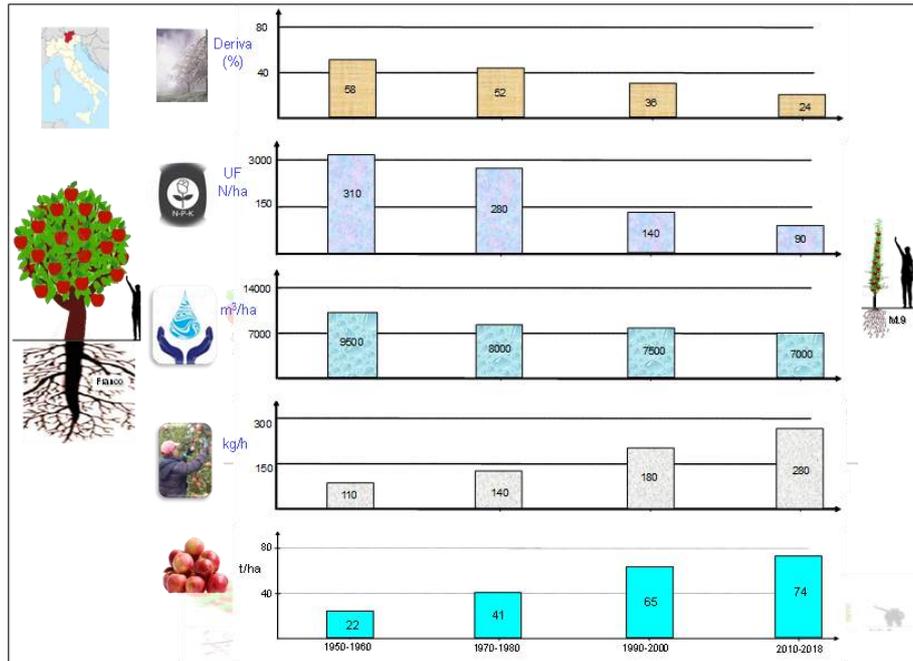


Figura 13. Evolución de las producciones de manzana (kg/ha) (inferior) y del consumo de los principales inputs, como la mano de obra para la recolección, el agua de riego, los fertilizantes y la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios a lo largo de los períodos 1950-60 y 2010-2018, desde plantaciones en vaso con patrón franco en volumen a las intensivas y bidimensionales con M-9 en el Sur Tirol (Italia). *Fuente:* Iglesias, 2021

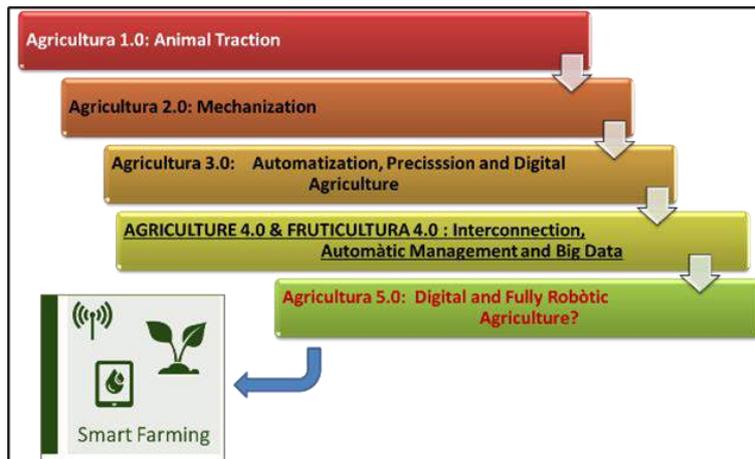


Figura 14. Etapas en la evolución de la agricultura hacia la Agricultura/Fruticultura de precisión, bajo el concepto de Smart Farming. *Fuente:* Escolà 2020.

5. Conclusiones

Se acaban de exponer los aspectos más relevantes referidos a la situación del sector frutícola y a la innovación tecnológica basada en los tres pilares de la innovación: la mejora genética, los sistemas de conducción y la tecnología de producción. La mejora genética como generadora de nuevas variedades y de nuevos patrones, cada vez mejor adaptados a las condiciones edafoclimáticas y al cambio climático, con la incorporación progresiva de resistencias a plagas y enfermedades, hábitos de fructificación específicos y en variedades una constante adaptación a las exigencias de los consumidores. El desarrollo de plantaciones intensivas, asociadas a copas

1. Panorama general

bidimensionales como requisito indispensable para reducir el período improductivo, mejorar la accesibilidad y la eficiencia del uso de inputs como la mano de obra, la maquinaria y los productos fitosanitarios por su mejor accesibilidad. La mejora continuada de la tecnología de producción, mediante la mecanización, automatización y la robótica en último término, la sensorica y la digitalización para facilitar la gestión de plagas y enfermedades, la monitorización de la plantación, riego y abonado serán claves en la toma de decisiones para una gestión y un uso eficiente de inputs. Todo ello conducente a la sostenibilidad ambiental y a la resiliencia de los sistemas productivos frutícolas.

Bajo esta perspectiva solamente la intensificación basada en el uso de formas planas y de pequeño volumen puede conducir a una fruticultura de precisión y eficiente. En definitiva, el tránsito hacia la intensificación sostenible definida por la FAO. Y esta es la respuesta al Pacto Verde y a las estrategias de la Granja a la Mesa y de la Biodiversidad propuestas por la Unión Europea en la nueva PAC 2023-2027 y en el marco de la Agenda 2030 de la ONU. Es el futuro y a la vez el reto para una fruticultura eficiente y sostenible. Sostenibilidad basada en el conocimiento y la innovación; necesaria tanto ambientalmente, como socialmente y para las rentas de los productores. Y obtener unas rentas justas, aunque se trata de una tarea ardua o “misión casi imposible”, deberá constituir la prioridad de las políticas agrarias para la continuidad del sector productor que preserva el territorio, genera empleo y produce alimentos saludables de alta calidad.

6. Relación de diapositivas

Ejemplos de innovación varietal en diferentes especies frutales.

1 Kisabelle



1.1 Rockit



1.2 Q-Tee



2 FAV1-24



3 Platerina Sel.3C



4 Ice Peach



5 Cristalina



5.1 Lucia Myrtea



1. Panorama general

Dos ejemplos de innovación en manzano con precios para el consumidor diferentes según sea una variedad tradicional o desarrollada en forma de club como 'Pink Lady' o 'Envy'.



Patrones con vigor controlado, intensificación de las plantaciones con formas axiales y copas bidimensionales y de fácil acceso, ha constituido un gran progreso en la eficiencia de la recolección y abre las puertas a la robotización de la misma (derecha).

6



7



8



Ejemplos de plantaciones intensivas con copas cada vez más estrechas y bidimensionales constituidas por uno, dos (centro) o multije. Desde el solaxe (izquierda), al bieje (centro) y el multileader (derecha: fotos FENO y UNIBO) en manzana.

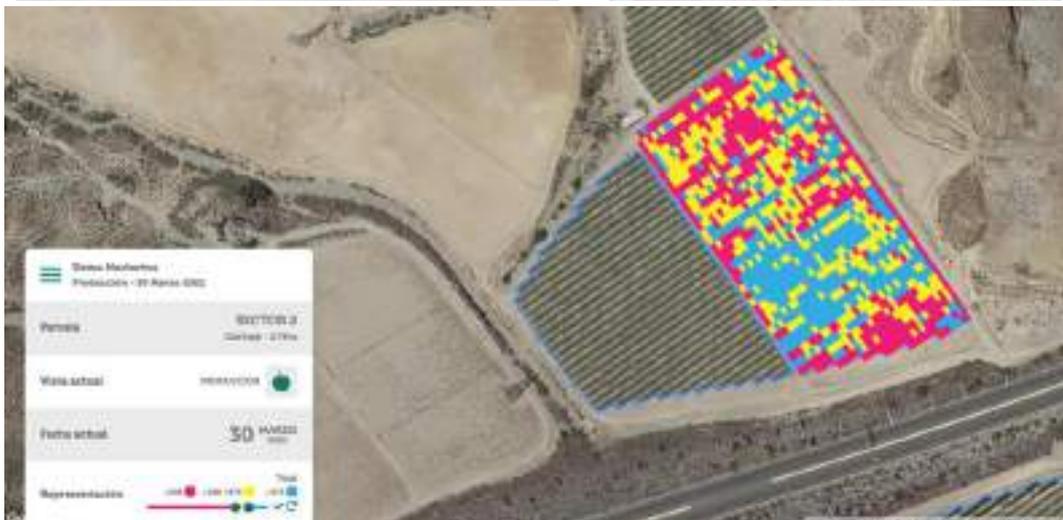


La mecanización permite un importante ahorro de mano de obra mayor en plantaciones de dimensión media a grande. La mejor eficiencia se obtiene con copas bidimensionales y buena accesibilidad a máquinas y personas. Las plantaciones peatonales (derecha) como opción a la necesidad de plataformas para la recolección.



1. Panorama general

Utilización de cámara multispectral acoplada al tractor para la realización simultánea del tratamiento fitosanitario y del aforo de la cosecha. En la parte inferior mapa de producción aforada con diferentes colores según la carga de frutos (*Fuente: AGERPIX*).



1.7. Innovación tecnológica en fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad

La recolección, por su alto requerimiento en mano de obra ha sido la primera tarea objeto de robotización por varias empresas como Abundant Robotics (USA), FF Robotics y Tevel (Israel), de izquierda a derecha. Lo poda se ha añadido también a la carrera hacia la robotización; a la izquierda prototipo en la Universidad de Sídney (Australia).

18



19



20

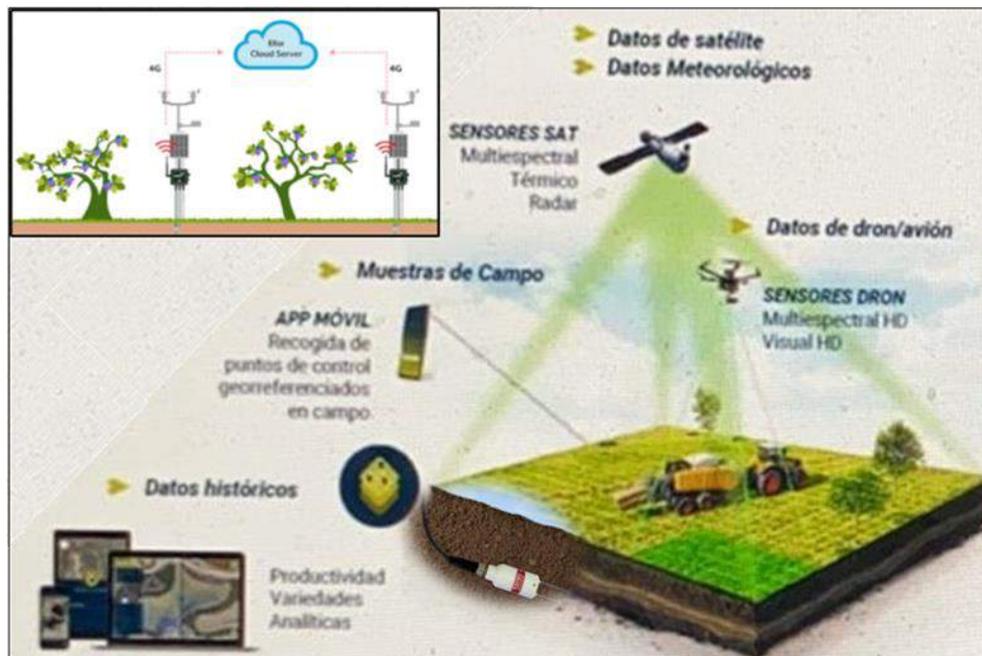


21

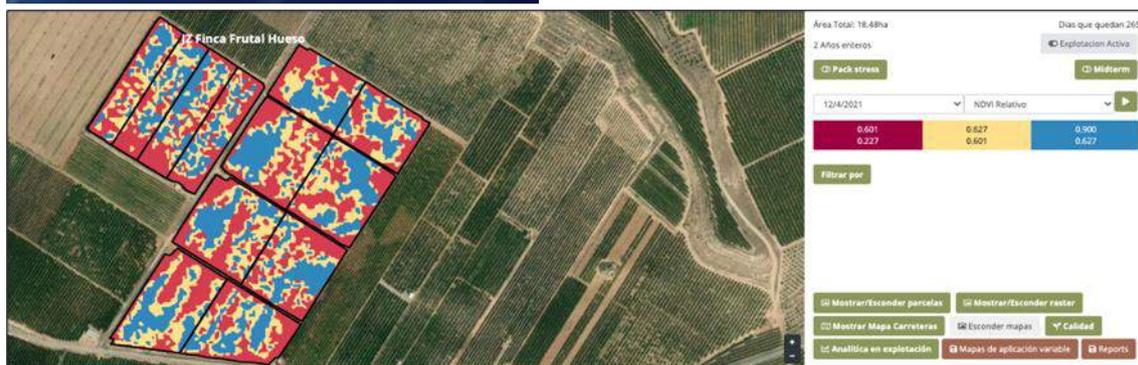


1. Panorama general

Imágenes satelitales, monitorización de datos, sensorización y digitalización, herramientas cada vez más utilizadas para una gestión eficiente de los inputs (mano de obra, fertilizantes, agua, pesticidas) y como herramienta de ayuda en su aplicación. *Fuente: HEMAV y LIBELIUM.*

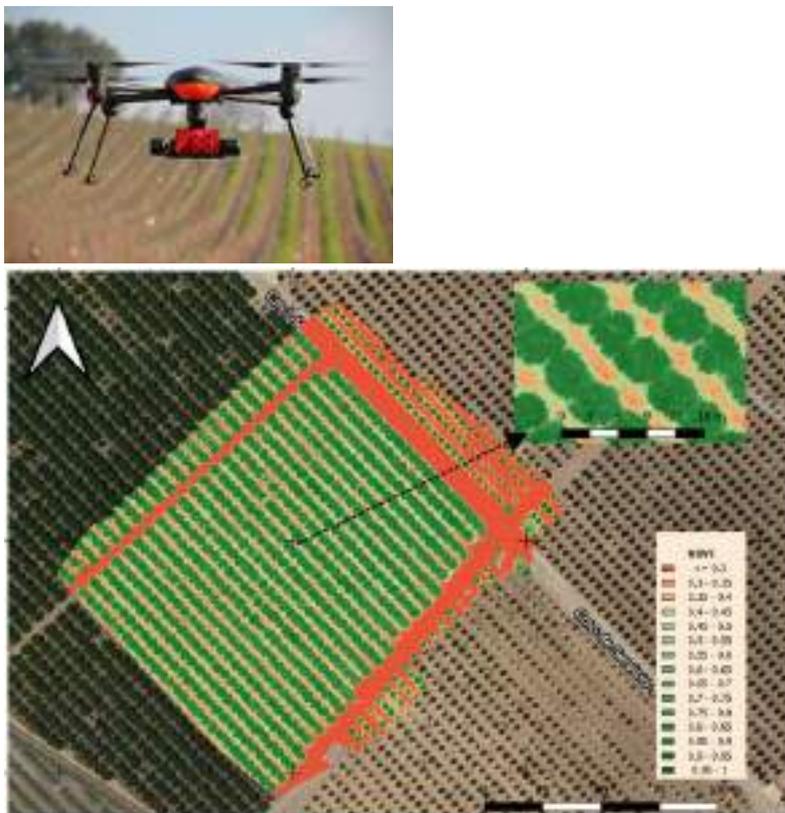


Monitoreo mediante teledetección de alta resolución de imágenes satelitales (en bruto) de Planet Labs y establecimiento del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en una parcela de manzanos en la zona de Lleida (*Fuente: E-STRATOS Geosystems*)



1.7. Innovación tecnológica en fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad

NVDI correspondiente a plantación adulta de limoneros ubicada en el Campo de Cartagena. Imagen tomada desde un dron equipado con una cámara multiespectral (Foto: Alejandro Pastor).



Monitorización del estado hídrico del suelo y planta a través de sondas EnviroScan y dendrómetros, respectivamente, en una plantación de almendros cv. 'Marta' en la Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro de la Universidad Politécnica de Cartagena (Foto: Alejandro Pastor).



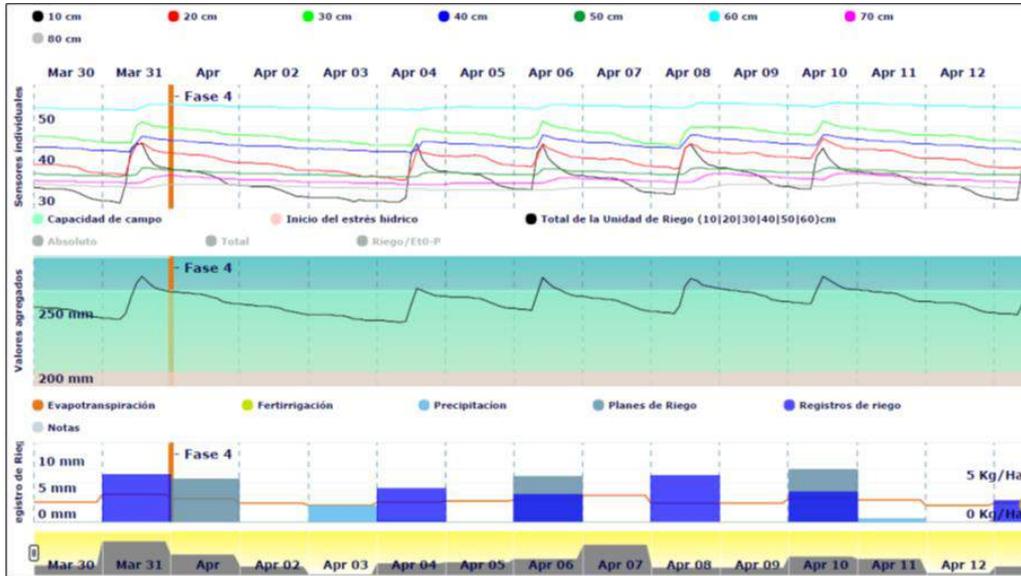
1. Panorama general

Estaciones meteorológicas, sensores de humedad y temperatura del ambiente, hojas, frutos y estado hídrico del suelo son claves para la monitorización del cultivo y su entorno y para el uso más eficiente y sostenible del agua, fertilizantes y productos fitosanitarios.

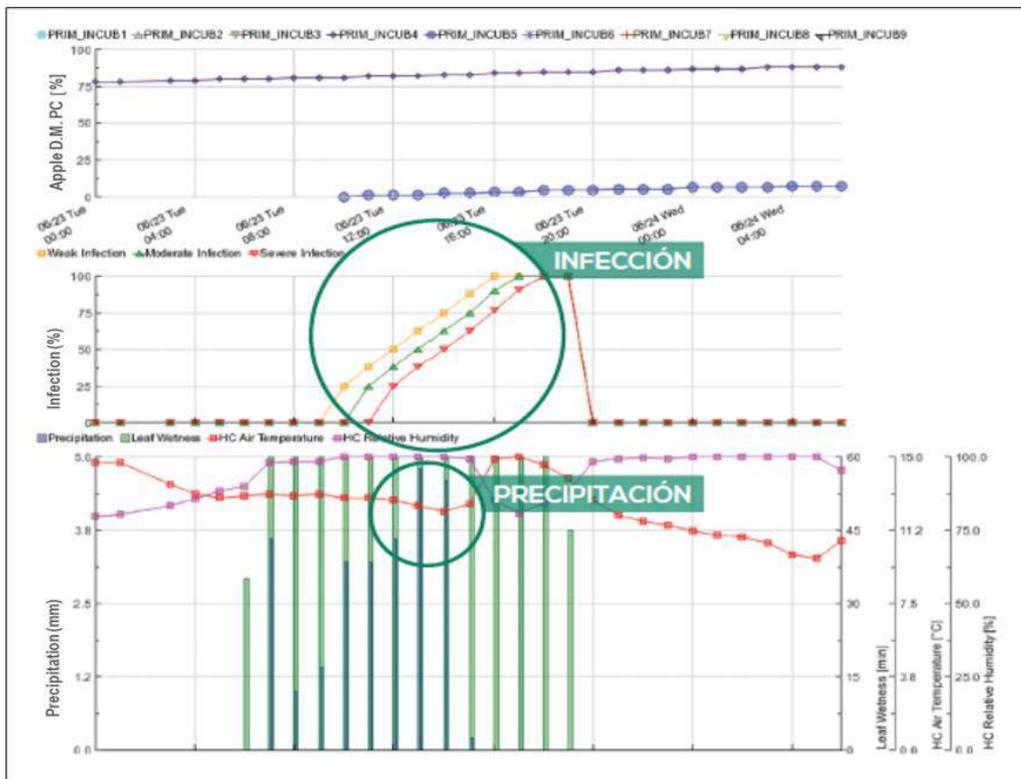


1.7. Innovación tecnológica en fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad

Ejemplo de monitorización y registro del riego en tiempo real en una plantación adulta de frutales con lecturas de los sensores a diferentes profundidades, valores agregados, evapotranspiración, fertirrigación, precipitación, planes de riego y registros de riego por días (Fuente: Hydroshop).



Indicación de los grados de severidad de la infección por moteado (baja, media, alta en el círculo central) en manzano, en función de la humedad relativa y de la precipitación, como herramienta de decisión para determinar el momento óptimo para realizar el tratamiento. Fuente: i-METOS.



BASF

We create chemistry

nunhems

*Hacemos que la alimentación
saludable sea atractiva y sostenible*

www.nunhems.es

 @Nunhems.ES

#VegetablesPeopleLove

1.8. La incorporación de tecnología en la horticultura de Almería como base para mantener la rentabilidad de los cultivos

Francisco Camacho Ferre^{1*} y Luis J. Belmonte Ureña²

* fcamacho@ual.es

¹ *Departamento de Agronomía de la Universidad de Almería*

² *Departamento de Economía y Empresa de la Universidad de Almería*

Índice

1. Antecedentes históricos
2. El enarenado de cultivos
3. El acolchado de los suelos
4. Los túneles de semiforzado
5. El invernadero
- 5.1. Ventajas que aporta un abrigo
6. Riego localizado de alta frecuencia
- 6.1. Características notables del riego por goteo
- 6.2. Ventajas del riego por goteo
7. Acción combinada de todas las técnicas descritas
8. El “modelo de alto rendimiento hortícola de Almería”
- 8.1. El agua
- 8.2. La nutrición de los cultivos
- 8.3. La transformación del espacio
- 8.4. El valor para la producción agrícola de la huella del carbono
- 8.5. La protección de la planta contra plagas y enfermedades
- 8.6. La gestión de los Residuos sólidos agrícolas. Hacia una economía circular
- 8.7. La gama de productos del “modelo Almería y el mercado”
- 8.8. La aplicación de nuevas tecnologías al modelo
9. La evolución Económica del modelo de Horticultura de alto rendimiento de Almería

Resumen

El modelo protegido de alto rendimiento de Almería está basado en una incorporación continua de tecnología. La primera incorporación tecnológica que se hace es la del arenado del suelo, posteriormente, con la aparición de los plásticos, se incorporan acolchados, túneles de semiforzado e invernadero. A mediados de los años 70 del siglo pasado se incorpora el riego localizado de alta frecuencia. La acción combinada de todas las técnicas son la base de lo que es

actualmente el modelo, después ha habido una continua mejora en los conceptos y los materiales que constituyen las técnicas. Merece una mención especial el manejo del agua y la nutrición de los cultivos, también la tendencia a hacer invernaderos cada vez más altos y con facilidad para sacar el agua de lluvia que se verte sobre las cubiertas. El papel del control biológico, la evolución habida desde el manejo de las moléculas efectivas contra las plagas y enfermedades hasta la suelta de fauna auxiliar y el mantenimiento de la misma.

Más adelante se acomete la gestión de los residuos sólidos agrícolas (RSA) dentro de una Economía Circular y la evolución que debe de sufrir el modelo en gama y aplicación de nuevas tecnologías. Se termina con el valor de los productos a lo largo del tiempo, así como la evolución económica en las dos últimas décadas del modelo Almería de agricultura protegida de alto rendimiento.

1. Antecedentes históricos

En 1960, cualquier parámetro económico que tomásemos de la provincia de Almería daba como resultado que estábamos en una posición de subdesarrollo relativo. Las causas de esta situación se daban, fundamentalmente, por tener un sistema productivo en el sector primario basado en la producción de la uva de mesa y los cítricos, ambas producciones experimentando limitaciones. En un caso no se supo realizar una transformación varietal acorde con la demanda de los mercados y, en el caso de los cítricos, por una elección de un portainjerto sensible a la tristeza (CTV) como el naranjo amargo, puesto bajo diversas variedades de naranja.

Para esas fechas, en el caso de la minería, solo quedaban restos no explotables, debido a los problemas de rentabilidad de la misma; por otro lado, las explotaciones de oro y plata de la provincia habían estado en manos extranjeras.

A esos sistemas de producción decadentes en esas fechas, habría que añadirle una infraestructura de comunicaciones casi inexistente, algo que estuvo presente en el panorama provincial hasta principios de este siglo XXI.

Podríamos resumir que hasta finales de los sesenta Almería está entre los últimos lugares de las provincias de España con una producción per cápita que no alcanzaba el 50% de la media española.

Cuando se vuelve a realizar el estudio de los parámetros económicos en 1970, se observa que hay un sector emergente en la provincia que produce un crecimiento superior al resto del país alcanzando en 1981 un PIB per cápita de aproximadamente el 75% de la media nacional. El sector lo constituye la agricultura intensiva. A partir de 1981 y hasta 2008 Almería crece en términos per cápita a nivel similar del resto de España, produciéndose un estancamiento a partir de ese año que se ha visto acentuado en el último quinquenio.

La evolución de la economía provincial tiene su explicación en razones diversas, aunque juegan un papel importante los planes de colonización que habían empezado a desarrollarse en la provincia a partir de mediados de los años cuarenta, con gran fortaleza de los mismos a partir de la década de los cincuenta y, con un gran desarrollo desde los setenta en adelante, con una gran inversión en estructuras de producción y comercialización.

Desde un punto de vista social, Almería tiene en la actualidad un PIB y una renta familiar per cápita de las más altas de la región, habiendo mantenido desde mediados de los cincuenta y hasta principios de siglo, un signo migratorio cada vez mayor provocado por personas que vinieron hasta la provincia en busca de empleo (Ferraro, 2004).

2. El enarenado de cultivos

Es, sin lugar a duda, el primer componente tecnológico que se introduce en la incipiente horticultura intensiva de Almería. Son variadas las leyendas referidas a su origen y casi todas ellas apuntan a que allá por 1880, un agricultor de la Rábida, Manuel Romero Rivas observó que, en un bancal de tomates, unas plantas que en la base tenían arena, llegado el momento de la cosecha, tenían mejor aspecto y además tenían más y mejores frutos que habían madurado antes que el resto de la plantación. El caso es, independientemente de cómo habría llegado la arena a la base de la planta que, de la observación de un hecho fortuito, se dedujo que añadir una capa de arena al suelo tenía consecuencias positivas para los cultivos (Mendizábal, 1996) (Figura 1).



Figura 1. Cultivo enarenado de sandía

El primer dato escrito que se tiene de la acción grata de la incorporación de arena a los suelos es del siglo XIV y se debe a un almeriense, "Ibn Luyun 1282-1349", (Eguaras, 1988), lo recoge en el tratado que escribió en Almería en el año de 1348, titulado "Libro del principio de la belleza y fin de la sabiduría", en el Epígrafe 6. Deducción de la naturaleza de la tierra por sus plantas. Modo de corregir sus defectos, dice: "... por último, si da plantas salobres, evidentemente contiene sal. Esto se corrige con arena y paja, con riegos y con la grata acción del estiércol". "La tierra sobre los huesos debe tener de un dedo a tres, o menos, y se dice que sobre ella debe echarse arena, con objeto de que mantenga la frescura".

La técnica del enarenado consiste en colocar una capa de arena de 8 -10 cm de espesor, sobre un suelo roturado, sin piedras, más o menos nivelado y con unos índices normales de fertilidad. Emparedado entre este suelo descrito y la capa de arena, se coloca una pequeña capa de unos 8-10 mm de espesor de estiércol. En un perfil de suelo arenado distinguimos tres perfiles: el

1. Panorama general

suelo original, a veces, no siempre se añaden unos 25-30 cm de tierra de cañada, ambos constituyen un horizonte más o menos impermeable, el estiércol que sería un horizonte nutritivo y por último la arena que sería un horizonte protector.

El laboreo del horizonte impermeable ha pasado por diferentes etapas a lo largo de los años, concluyendo que cada 4-5 años se hace imprescindible realizar operaciones para recuperar el suelo en pérdida de compactación y aporte de materia orgánica. A este grupo de operaciones se les conoce en la provincia con el nombre de retranqueo (Rueda y Rueda, 1965, Acosta 1973 y Serrano 1974).

Desde un punto de vista de los fundamentos y ventajas que aporta el arenado a los suelos se podría hablar de las siguientes: la arena es un elemento que tiene poco calor específico, concretamente ($0,19 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$), lo que hace que se enfríe y caliente muy rápidamente. El calor que absorbe lo transmite a las capas inmediatamente inferiores, dando como resultado una temperatura más elevada con la consiguiente repercusión sobre la actividad microbiana, haciéndola más intensa y consiguiendo reducir, dentro de lo posible, el ciclo vegetativo, aproximándolo al de las condiciones óptimas. Esta reducción es efectiva para la precocidad de los productos. Incide también sobre este factor el microclima favorable para la planta creado por la arena, ya que refleja gran cantidad de energía, aumentando la temperatura y estimulando la fotosíntesis (Camacho, 1980).

Esta diferencia de temperatura, que puede llegar a ser hasta de 5°C de un suelo arenado a un suelo desnudo, permite una mejor disolución de los elementos en el agua del suelo, lo que hace que los abonos minerales sean mejor aprovechados por las plantas, debido a la formación de soluciones de elementos más concentradas (Camacho, 1980). Además, la capa de estiércol, situada como sándwich entre la tierra y la arena, hace de cama caliente aumentando también la temperatura del suelo por fermentación del estiércol. El CO_2 desprendido de esta fermentación contribuye a la solubilización de los elementos fertilizantes contenidos o aportados al suelo, a la vez que en menor grado también parte de este CO_2 se difunde en el aire, contribuyendo en cierto modo a elevar su concentración en el mismo, actuando como abonado carbónico al activar la función clorofílica (Bretones, 1981).

La humedad del suelo se conserva durante un tiempo más prolongado debido a la separación del suelo con la atmósfera por la capa de arena, lo que hace que la subida por los capilares se quede entre suelo y estiércol, justo en el lugar en el que se desarrollan las raíces, con el consiguiente ahorro de agua de riego (Camacho, 1980). La rotura de la capilaridad que evita la ascensión del agua evita la ascensión de las sales a los niveles superiores del suelo, consiguiéndose una desalinización permanente de los mismos (Bretones, 1981).

La arena sirve de colchón, por así decirlo, de los apelmazamientos que podrían producirse por agentes atmosféricos o por pisadas de los operarios o maquinaria de tratamientos y cosecha, por lo que la estructura se mantiene en condiciones excelentes durante un periodo más largo (Camacho, 1980). Esta situación provoca que el laboreo se realice de un modo más espaciado en el tiempo, lo que altera el desarrollo radicular generando un enraizamiento más superficial (Acosta, 1973).

3. El acolchado de los suelos

Con la técnica del acolchado de suelos, se pretende defender a éste y la planta de agentes atmosféricos; sería de nuevo un perfil de horizonte protector.

Martínez Raya (1987) define la pretensión del acolchado como la de proteger al suelo natural de la pérdida de agua por evaporación, mediante el recubrimiento de la superficie de éste con diversos materiales, como pueden ser restos de cultivos, malezas, papel, plástico, etc.

La técnica consiste en poner sobre la superficie del terreno una capa protectora, bien de origen vegetal, caña, paja, hojas secas, etc. o bien filmes de plástico; estos últimos utilizados con excelentes resultados (Camacho, 1980). Castilla (1986) define el acolchado como la aplicación de una cubierta al suelo que constituya una barrera a la transferencia de calor o vapor, pudiendo emplearse materiales como restos de basura, de cosecha, malezas, o materiales manufacturados como láminas de papel, plástico, en distintos colores (Figura 2). Nos vamos a referir a este último tipo.

Los fundamentos y ventajas que se describen a continuación hay que entenderlos desde el punto de vista del cultivo, así como la aplicación del sistema para impedir el desarrollo de la vegetación espontánea.



Figura 2. Invernadero acolchado

El acolchado influye notablemente sobre la humedad y temperatura del suelo. Al ser la capa impermeable se impide la evaporación, con lo que el agua existente bajo el plástico se mantiene a disposición de la planta (Camacho, 1980). Esta situación hace depender la magnitud de la evapotranspiración de los cultivos exclusivamente del fenómeno de la transpiración (Fernández-Rodríguez, 1993).

Todos los acolchados reducen la cantidad de energía consumida en evaporación al bloquear, en mayor o menor grado, el transporte de vapor de agua del suelo, reduciendo las pérdidas del agua existente en el mismo, alterando las condiciones de radiación neta en la superficie del suelo (Castilla, 2007). En caso de filmes traslúcidos, durante el día el plástico transmite las radiaciones del sol al suelo, calorías que en cierto modo quedan retenidas en parte al llegar la noche. El número de calorías retenidas es función del color del film elegido.

1. Panorama general

Esta técnica influye sobre la planta y fertilidad de los suelos, ya que la planta al encontrar agua a su disposición a poca profundidad hace que el sistema radicular se desarrolle más en superficie al no tener que buscar la humedad en profundidad. Con esta emisión de raicillas se asegura el cultivo una nutrición en sales disueltas sin tener que hacer apenas gasto de energía para su incorporación a la planta, lo que conduce a una precocidad de los cultivos de 1 a 3 semanas y un mayor rendimiento (Martín y Robledo, 1971).

Influye sobre las malas hierbas. El nacimiento de vegetación espontánea va directamente relacionado con la permeabilidad del plástico a la luz solar (Camacho, 1980; Fernández Rodríguez, 1993). Si los filmes son transparentes, el plástico sofoca a las malezas como consecuencia de las altas temperaturas que se originan bajo el mismo. También influye sobre la calidad de los productos. En caso de plantas de producción rastrera se benefician de esta técnica en favor de la calidad, debido a la barrera en la separación entre parte aérea de la planta y suelo que supone el film, lo que hace que el fruto no esté en contacto directo con la tierra o la arena.

4. Los túneles de semiforzado

Los túneles de semiforzado o microtúneles están conformados por estructuras superligeras de alambre de 1,5 – 2,0 mm de diámetro con plástico de poco grosor (Figura 3). Como su propio nombre indica son instalaciones que están durante una parte del ciclo del cultivo realizando su función. Esta mejora que se hacía antes de hacer los invernaderos, en la actualidad también se utiliza bajo éstos para mejorar la precocidad de las plantaciones.



Figura 3. Túnel de semiforzado bajo invernadero

Las ventajas que aporta el túnel de semiforzado es la del aumento de la precocidad, siendo más precoces los cultivos de primavera. Protege a las plantas del frío en los primeros estadios de su desarrollo; siempre es conveniente para cultivos de primavera con puestas de primeros de diciembre a mediados de marzo. Influyen aumentando los rendimientos de los cultivos.

5. Invernadero

En un sentido amplio y desde un punto de vista agronómico se puede definir el invernadero “como la superficie cubierta artificialmente y que permite desarrollarse a los cultivos a lo largo de todo su ciclo vegetativo” (Camacho, 1980). Bretones (1981) define el invernadero “como todo abrigo construido mediante una estructura de madera, hierro o cualquier otro material dotado de una cubierta transparente, normalmente permanente y con suficiente altura para que puedan realizarse en su interior, cómodamente, las labores que cada cultivo necesite”. Su forma puede ser variada. El invernadero tiene por objeto la producción fuera de época de productos hortofrutícolas convirtiéndose en un instrumento de trabajo que permite controlar eficazmente la cantidad y la calidad de lo cosechado. En Almería, en la mayor parte de la superficie cubierta, no se puede hablar de invernaderos como tal, sino de abrigo, ya que las instalaciones realizadas van encaminadas a ayudar a las condiciones climáticas existentes a sacar productos fuera de época, no realizando grandes inversiones en la ejecución de instalaciones costosas que protejan el cultivo ante cualquier eventualidad.

La geometría de cubierta de los invernaderos de Almería viene impuesta de alguna forma por la latitud geográfica, la baja pluviometría y la fuerza de los vientos dominantes (Bretones,1992). La instalación de abrigo más corriente en la provincia es “tipo parral”, basada en el tradicional sistema de cultivar la vid. Generalmente se cubren con polietileno (PE) de larga duración o bien con compuestos de éste con varias capas.

Suelen hacerse planos y a dos aguas; mientras los primeros permiten una mayor iluminación y tienen el gran inconveniente de no poder controlar el agua de lluvia, ya que se hace preciso perforar la cubierta para evitar que se hundan con el peso de la misma, cayendo sobre el suelo y el cultivo, afectando a estos últimos; los segundo presentan una gran resistencia a este agente climático, ya que no quedaría empantanada en la cubierta y, aunque la iluminación es algo menor, no afecta de un modo determinante a los cultivos.

La ventilación de estos abrigos se suele hacer por los laterales y en cumbre, recogiendo hacia un extremo el plástico. Estas ventanas formadas mediante la operación anterior se protegen con mallas para guardar la plantación de la acción del viento y para impedir la entrada de algunas plagas desde el exterior (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Detalle de ventilación lateral en invernadero “raspa y amagado”



Figura 5. Cultivo de tomate bajo invernadero en sistema de cultivo de gancho y descuelgue

5.1. Ventajas que aporta un abrigo

- Precocidad en las cosechas, como consecuencia de disminuir al mínimo su ciclo vegetativo por tener condiciones climáticas más adecuadas que en el exterior.
- Aumento del rendimiento debido a una mayor producción, que llega a ser de tres a cinco veces superior a la de la calle, como consecuencia de que las plantas no sufren inclemencias directas.
- Posibilidades de obtener cosechas fuera de época.
- Frutos de mayor calidad debido al mejor control de plagas y enfermedades.
- Ahorro de agua ya que la evaporación es mínima (Camacho, 1980; Bretones,1981).

A la hora de sacarle un mayor partido a las instalaciones, se deben de tener en cuenta tres factores fundamentales:

- Empleo de variedades selectas. Factor importante y decisivo para la economía de la zona.
- Control de los factores climáticos, especialmente la humedad y temperatura.
- Modernas técnicas de nutrición de cultivos y protección frente a plagas y enfermedades.

En Almería, en 1963 se construye el primer invernadero; se trataba de cinco módulos de 100 m² cada uno con terreno arenado según la técnica tradicional de la zona. La estructura fue de madera de eucalipto y cañas utilizándose alambre para hacer los tejidos de sujeción del plástico en laterales y cubierta, así como para los anclajes perimetrales. La cubierta fue de plástico de unas 400 galgas de espesor. Dada la escasa anchura del plástico la sujeción en los parámetros laterales se hizo entre cañas verticales clavadas perimetralmente (Bretones, 1992).

6. Riego localizado de alta frecuencia

Los sistemas localizados consiguen mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, aplicando el agua gota a gota (Figura 6). De esta forma el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen con el nombre de goteadores, goteros o emisores.



Figura 6. Programador de riego

6.1. Características notables del riego por goteo

- El agua se aplica al suelo desde una fuente que puede considerarse puntual y, al infiltrarse se mueve tanto en dirección horizontal como vertical. En esto difiere en gran medida del riego tradicional de a pie en el que hay un predominio de las fuerzas de gravedad y por tanto el movimiento de agua y de sales es diferente.
- No se moja todo el suelo sino parte de este, proporción que depende de las características del mismo, caudal del gotero y tiempo de aplicación. En esta parte húmeda la planta concentrará sus raíces y se alimentará.
- Consecuencia del punto anterior es el suministro al cultivo de fertilizantes de modo adecuado, respondiendo a las extracciones de la cosecha, como técnica de cultivo intensivo que es (Figura 7).
- El mantenimiento del nivel óptimo de humedad en el suelo implica una tensión constante y baja de agua en el mismo. El nivel de humedad que se mantiene en el suelo es inferior a la capacidad de campo, lo cual es muy difícil de conseguir con otros sistemas de riego, ya que implicaría regar diariamente y se produciría encharcamiento con el consiguiente problema de asfixia radicular
- Se debe de abonar frecuentemente, ya que los continuos movimientos de agua en el bulbo pueden producir un excesivo lavado de nutrientes.



Figura 7. Tanques para fertilización en cabezal de riego por goteo

6.2. Ventajas del riego por goteo

- Ahorro importante de mano de obra, abonos y productos fitosanitarios, al ser menor el volumen mojado.
- Ahorro en nivelación, ya que se puede regar con caudales regulares en cualquier tipo de terreno.
- Utilización de aguas de peor calidad. Se sabe que la tensión total que puede soportar una planta es la suma de la tensión osmótica (debida a las sales del suelo y agua) y la tensión matricial (debidas a las fuerzas entre las partículas del suelo). Como en este tipo de riego la tensión matricial es muy pequeña, la tensión osmótica puede ser mayor para una misma tensión total.
- Aumento de la producción y precocidad de las cosechas, al no hacer la planta gasto de energía para obtener el agua y los nutrientes.
- Permite realizar simultáneamente al riego otras labores culturales, ya que al haber zonas secas no presenta obstáculo para desplazarse por el terreno (Medina San Juan, 1979).

El riego por goteo se introdujo en Almería en la década de los setenta procedente de Israel. En la actualidad su uso está generalizado.

7. Acción combinada de todas las técnicas descritas

Se han expuesto para todas las técnicas una serie de ventajas que en conjunto nos repercutirán muy favorablemente sobre el cultivo.

La acción del suelo arenado se vio perfeccionada por el abrigo.

El abrigo enarenado se ve perfeccionado aumentando sus rendimientos con técnicas de semiforzado, como las del acolchado y el túnel. Pero aún faltaba algo, que era la de regular la aplicación del agua de riego en el suelo. Esa mejora se hizo gracias a la instalación de riego por goteo.

Una planta es luz, agua con sales y temperatura, cuanto más adecuadamente (utilizando medios de producción artificiales) le suministremos estos elementos, obtendremos los mayores rendimientos frutícolas de un vegetal (Camacho, 1980).

8. El “modelo de alto rendimiento hortícola de Almería”

El modelo objetivo de la horticultura de alto rendimiento en Almería es el de una agricultura protegida sostenible; se trata de optimizar la producción. Los mercados exigen calidad demostrable en la compra de alimentos, cada vez adquieren más relevancia conceptos medioambientales medidos a través de diversos parámetros, algo que ya ocurre con algunos productos y servicios.

8.1. El agua

En la política de hace más de una década se realizó un cambio que ha afectado a la sociedad con repercusiones socioeconómicas; nos referimos al cambio de una “política de trasvases” a una

“política de desaladoras”. Dado que no es el motivo de este tema entrar en un análisis económico-social de un sistema frente al otro, tampoco tendría sentido hacerlo, nos ceñiremos a la política concreta que se está desarrollando, parte de ella ya realizada y otra parte en ejecución.

Toda el agua que llegue a Almería y cuanto más barata sea mucho mejor; si se evita arrojar agua dulce a la mar a pocos kilómetros de donde se demanda, sería excelente. No olvidemos que una parte importante del agua que consumimos en agricultura se vende a través de los frutos. Con las cifras anuales que tenemos de producción vendemos al año unos dos millones y medio de toneladas de agua envasada en los frutos de tomate, pepinos, sandías, etc. Estos cultivos contienen una cantidad mínima de un 70-75% de agua; luego en el modelo intensivo de alto rendimiento de Almería, el principal elemento, en cuanto a cantidad vendida, es agua.

El principal desarrollo de la agricultura protegida de Almería está mayoritariamente en la costa y, tal como decía el Catedrático Gómez Orea, en ese lugar geográfico “no falta agua, lo que sucede es que sobra sal”. La situación existente es esa, se está desalando agua de la mar y se están aprovechando, en muchos casos, las infraestructuras de transporte y distribución del agua subterránea. También se está utilizando cada vez más en las explotaciones el agua pluvial recogida de las techumbres de los invernaderos. Con los datos medios de lluvia en Almería, 200 mm/año de precipitación, se pueden obtener unos 6 millones de m³, que representa un 5% de las necesidades totales en los cultivos. Una cifra por estudiar con tres componentes tales como agua pluvial + agua de acuífero + agua desalada, en porcentajes 5 - 25 - 70, da estabilidad a los acuíferos y mejora los parámetros de rentabilidad y sostenibilidad.

Los grandes datos, en los que podría haber diferencias de un año al otro y, de hecho, las hay, son los siguientes. Si estimamos 32.000 hectáreas de producción, si el consumo medio para los cultivos bajo invernadero que se hacen en la provincia es de 5.000 m³/ha y año, la producción es de 3.600.000 t de cosecha (corresponden a agua unas 2.500.000 t), o lo que es lo mismo, por cada 100 L de agua que consume nuestra horticultura, con eficiencia, por los sistemas de riego empleados del 95-97%, van 2,1 L al fruto, el resto se evapotranspira o conforma la biomasa del resto del vegetal, biomasa, que desde un punto de vista de la economía circular se transformará en subproducto con otras utilidades, algo que cada vez se tiene más presente en el modelo. Almería ha dado soluciones a otros problemas complejos y, dada la adaptación de nuestra producción de alimentos a las exigencias del mercado, con un manejo adecuado está creciendo en sostenibilidad.

8.2. La nutrición de los cultivos

Comparando las fitotecnia escritas en los años 60 del siglo pasado y, las escritas en los últimos quince años se pueden observar los cambios de concepto habidos. En los años 60 se habla por un lado del riego y por otro de la fertilización; avanzando en el tiempo vemos que se empiezan a mover los conceptos, especialmente en la década de los 80, donde con la expansión del riego localizado, sobre todo goteo, se empieza en la literatura a hablar de fertirrigación. En el siglo en el que estamos, quizás como extensión del aporte que se realizan a los cultivos sin suelo para alimentarlos, se inicia el concepto de nutrición, en el que estamos y, que tiene mucho más sentido que los anteriores. La planta, igual que sucede al resto de seres vivos, tienen una pauta de comportamientos en función de sus necesidades, que son más acordes con el estudio de

bases fisiológicas en el entorno en que se desarrollan. Lo importante es jugar con las necesidades y relaciones de esas bases enumeradas. Lo más avanzado es considerar el suelo un almacén de suministro perpetuo, manteniéndolo fértil a través de la reposición, en todo momento, de los elementos minerales que las plantas absorben, es decir, que cada vez que se realicen análisis químicos al suelo, todos los componentes analizados estén dentro del rango que se considera normal para un suelo fértil. Es simple de entender, si consideramos al suelo una caja donde se va metiendo la misma cantidad de elementos que se sacan en todo momento, desde ese punto de vista mantendríamos el suelo fértil de modo perenne, solo faltaría considerar la mineralización de la materia orgánica que, con los aportes adecuados de la misma, conseguiríamos restablecer y dar un equilibrio imperecedero. Lo más avanzado en nutrición es eso, conservar, mantener y que las plantas se nutran adecuadamente desde un punto de vista fisiológico ideal; en ese sentido sabemos que son equilibrios normales, excelentes para el vegetal, las relaciones porcentuales (medidas en miliequivalentes/litro) para los seis macronutrientes principales de 60/5/35 para aniones y 35/45/20 para cationes.

No obstante, de modo global, en investigaciones de hace unos años, concluyen que solo entre el 20-50% de N mineral aportado a los cultivos es aprovechado por la planta; algo que se está controlando en los aportes de este elemento en Almería para ganar en sostenibilidad y evitar presiones legislativas, sociales y ambientales, que se generan con mayor intensidad, en momentos determinados, afectando muchas veces a la demanda de productos agrícolas.

En el caso de otro ion importante, imprescindible para el desarrollo de los cultivos, el fósforo, en julio de 2013, la Comisión Europea abrió el debate sobre su utilización en agricultura ya que se considera un recurso limitado, ello nos ha llevado a reflexionar, para iniciar desde ya la aportación de fósforo a través de otras fuentes, además de la búsqueda y preparación de alternativas en preparados capaces de suministrar este ion fundamental (Camacho, 2017).

8.3. La transformación del espacio

No estuvo Almería muy acertada al llamarle a las estructuras que se iniciaron en 1963 “invernaderos”. La RAE lo define como: “Recinto en el que se mantienen condiciones ambientales adecuadas para favorecer el cultivo de las plantas”. La pregunta con esa definición es obvia, ¿se mantiene en Almería condiciones ambientales adecuadas para favorecer el cultivo de las plantas? La respuesta es no, lo que se hace en Almería a través de sus instalaciones, es ayudar a las condiciones climáticas existentes a sacar productos de calidad y en cantidad, no habiéndose realizado grandes inversiones en la ejecución de instalaciones para proteger al cultivo ante cualquier eventualidad. No son significativas el número de explotaciones que tienen utilidades para calefactar y, tampoco para enfriar; la actuación del hombre sobre el abrigo, colocando de diferentes modos los huecos de ventilación y los cierres de estos (elementos estructurales pasivos) es lo que permite controlar la calidad y cantidad de lo cosechado.

La estructura de producción almeriense, tal como decía Mendizábal, “es autóctona y clásica”, pues se deriva de los montajes de los parrales, arte de antiguo abolengo, Plinio hablaba de ellos así: “la parra se construye con pértigas, cañas, cuerdas de crim o de cáñamo, como en Hispania”; en la actualidad desde la interprofesional (Hortifruta) se está haciendo un gran esfuerzo para que los abrigos de Almería los vean como invernaderos solares. Los abrigos “tipo Almería”, en sus vertientes “planos” o “raspa y amagao”, son una evolución de una estructura hecha hace

siglos en el sureste peninsular para mejorar la calidad y cantidad de la cosecha, donde se aprovechan al máximo las condiciones ambientales naturales del lugar y en los que ha habido un cambio de materiales, geometrías y aplicación de modernidades con respecto a las mismas, como puede ser el fluido eléctrico y la informática, para adaptarlos a los nuevos tiempos (Figura 8). A propósito, existe una carrera en ver quién o quiénes hacen el invernadero más alto y, no tiene sentido. “La vedette” de todo el sistema es la planta, luego las estructuras hay que hacerlas en función de ella, en función de abrirlas lo más conveniente posible. No es lo mismo abrigar a un tomate o pepino que a un calabacín o sandía, el abrigo debe de ser diferente, porque sus necesidades lo son, no solo en temperatura, sino también en condiciones de humedad y la época del año en que se cultivan unas y otras. Las estructuras más altas dan más versatilidad, pero el efecto sobre la planta a la que protegen es desigual en función de ella; por temas de rentabilidad, productividad agronómica y económica, en el futuro se adaptarán las estructuras a grupos de cultivos concretos. Para mejorar en esa idea habría que pensar en especialización de los productores con sus productos.



Figura 8. Vista general de los abrigos en Almería

Situación diferente es la que hay a nivel de cubiertas, éstas han evolucionado mucho desde que se hizo la primera estructura de cultivo forzado en Almería. Hay muchos trabajos de investigación que demuestran la insuficiencia de superficie ventilable en los abrigos almerienses, la media ronda el 15 % cuando se debería estar próxima al doble. Sin embargo, el aumento de esa superficie de ventilación merma la protección que se hace con respecto algunas plagas que además son transmisoras de virus y que causan grandes daños económicos en el sistema productivo (Camacho, 2017).

8.4. El valor para la producción agrícola de la huella del carbono

Al igual que la huella hídrica o los costes energéticos, la huella del carbono tiene una gran importancia como indicador que cuantifica las emisiones, directas e indirectas, de gases efecto invernadero (GEI) que se liberan a la atmósfera achacables a un servicio, producto, etc. La producción agrícola es una actividad extremadamente limpia en ese sentido, ya que absorbe gran cantidad de CO₂ del ambiente. Se podría decir que una concentración de plantas como las que se tiene en el sureste español es un auténtico sumidero de GEI, con lo que ayudamos a preservar el ambiente y, no solo por la transformación del CO₂ en O₂ a través de la función fotosintética de las plantas. En la medida de este parámetro, iniciamos, desde el punto de vista de la producción, con el marcador en negativo, aun teniendo presente la evaluación que se puede dar por transporte de bienes y servicios hasta las propias instalaciones, como

consecuencia de que la compra de estos se está haciendo en el entorno geográfico cercano a la producción.

Existen organizaciones sociales que reclaman una producción de frutas y verduras más cercanas a los consumidores para evitar el efecto contaminante de los GEI producidos en el traslado desde regiones de producción a centros de consumo. En la actualidad, Europa, está recibiendo de otros continentes productos frescos vía marítima, desde lugares donde tienen un problema mayor de concentración de producto que el que existe en el sureste español; desde ahí se elige el punto de entrada en el Continente, de modo que el transporte por carretera no sea mayor de unos 200 km para su distribución al consumo. Dado nuestra posición geográfica y nuestros principales mercados, las futuras generaciones de consumidores, a través de la huella del carbono, nos exigirán más eficiencia y habrá que explotar transportes mixtos que van a suponer menos emisión de GEI y que no van a afectar lo más mínimo a las bondades que tiene el transporte por carretera en cuanto a servicio “hasta la puerta”.

En ocasiones, se ha achacado a la concentración de los invernaderos en el sureste de la península ibérica, efectos negativos en cuanto a su incidencia en el cambio climático; existen trabajos del profesor Campra Madrid, del Departamento de Agronomía de la Universidad de Almería, donde explica, como el denominado “efecto albedo”, al reflejar gran parte de la radiación solar que recibe, se da también en Almería con las 32000 hectáreas de invernaderos existentes, que se encuentran blanqueadas durante un periodo muy importante del año. El trabajo fue publicado en la revista “Journal of Geophysical Research” (Camacho, 2017).

8.5. La protección de la planta contra plagas y enfermedades

En un estudio que se hizo al inicio del siglo XXI, el número de materias activas autorizadas en los cultivos que se hacen en Almería, en orden a combatir los patógenos que fundamentalmente le afectan (5 a 8 que son realmente los que constituyen problemas) en el mejor de los casos, se podían contar con 64 moléculas diferentes y 496 productos comerciales; ese número pasaba a ser de 161 moléculas diferentes, con 1486 productos comerciales, en el caso más desfavorable. Cuando se analizaban las materias activas más empleadas y lo que representaban en porcentaje de ventas, se comprobaba que dos o cuatro materias activas representaban un porcentaje de ventas como mínimo del 30% y como máximo del 95%.

El panorama descrito convivía con un desarrollo incipiente a nivel comercial del control biológico, tras diez - doce años de apuesta de la administración andaluza para que se cambiase a ese sistema de protección. Aun así, hubo que esperar hasta finales de 2006 para que estallase la crisis denominada “del isofenfos metil”. A partir del 2007 el desarrollo del control biológico en el sistema de producción de alto rendimiento de Almería es inimitable en otros sistemas de cultivo, que nos llevaron de 2500 hectáreas en 2006 a más de 32000 hectáreas en la actualidad. Se sigue haciendo investigación en la provincia sobre vegetación autóctona arbustiva, plantada en el entorno de los abrigos almerienses; se persigue potenciar la biodiversidad local como barrera fitosanitaria (Figura 9).

Unido al control biológico y, en paralelo, se ha iniciado el desarrollo de una serie de productos amigables con el medioambiente para combatir enfermedades, donde la utilización de extractos de plantas o moléculas procedentes de bases alimentarias para los humanos, unidas a un

manejo de labores culturales e instalaciones, hacen ver a todos los actores (productores, comercializadores, consumidores, sociedad en general) que se está en el camino correcto.



Figura 9. La plantación de diversas especies agrícolas como reservorio para insectos auxiliares

Mención expresa para los fumigantes de suelo, donde desde el punto de vista de la sostenibilidad se realiza cada vez más desinfección del suelo a través de medios físicos como solarización, biofumigación, la suma de ambas en un concepto que se ha empezado a llamar biodesinfección, con refuerzos en el empleo de microorganismos antagonistas e hiperparasitismo, así como liberadores de nutrientes. La situación que actualmente se vive con algún fumigante concreto con autorizaciones provisionales, es solo eso, provisional (Camacho 2017).

8.6. La gestión de los Residuos sólidos agrícolas. Hacia una economía circular

Desde 2017 en adelante se están realizando eventos de las Instituciones más representativas de Almería y, también de la Junta de Andalucía sobre la productividad y la gestión de los residuos, así como los retos a afrontar para una producción hortofrutícola eficiente y sostenible. Lo más positivo es ver al sector hortícola almeriense reconocer que tiene una problemática concreta y, que se ha puesto a dar salida, sobre todo a la gestión de los residuos vegetales para poder llamarlos en breve a SVI (subproductos vegetales de invernadero), abordándolos en el “contexto de economía circular”. Es reconfortante ver como se han iniciado proyectos que en breve darán solución al problema (Figura 10).

Con el conocimiento que tenemos de los proyectos que se están desarrollando para la gestión del residuo, no solo el de biomasa, sino otros Residuos Sólidos Agrícolas (RSA), será el despegue definitivo para una actividad necesaria desde ya, por las exigencias lícitas de los consumidores, que van demandando más sostenibilidad a los sistemas.

8.7. La gama de productos del “modelo Almería y el mercado”

Con el modelo a plena velocidad de crucero, década 1996 a 2005, siempre se hablaba de que el sostén de este, lo constituían lo que incluso se llegó a denominar por alguien como las “ocho

1. Panorama general

magníficas”, es decir, que una facturación para el productor de unos 2500 millones de euros anuales, aproximadamente, estaba basado en una gama de ocho productos, a saber: tomate, pimiento, pepino, calabacín, berenjena, judía verde, melón y sandía. Se ha escrito y discutido sobre si una gama tan corta no pudiera dar lugar a problemas, las opiniones son diversas, pues hay quien sostiene que esta gama tiene líneas muy profundas, pues de tipos de tomate se puede hablar de 6 o 7, de pimiento de 4 o 5, que si se incluyen los colores serían más, en definitiva, consideraban que estaba hablándose de más de 30 productos contando líneas sobre la base de los 8 productos de cultivo. El tiempo ha empezado a mostrar una terca realidad, que la competencia, posicionada en lugares cercanos al sistema productivo almeriense, con sistemas de cultivo que tiene otras fortalezas y, la de lugares lejanos a Almería que, porque están cercanos al gran mercado consumidor o estando alejada del mismo, porque juegan con productos de la gama que más vida postcosecha tienen, han dado como resultado que las superficies dedicadas, sobre todo a judía verde y melón, haya caído drásticamente y, ¿dónde ha ido a parar esa superficie? A engrosar la superficie que se dedica al resto de cultivos, es decir, se ha perdido gama. La solución a este inconveniente pasa por ser también tercios desde el modelo y, generar más gama (Camacho 2017).



Figura 10. Transformación de restos vegetales en compost dentro de la economía circular

El propio desarrollo del modelo ha producido un movimiento poblacional desde el interior hacia la costa, pero muchas comarcas del interior de Almería tenían como base de sustento la agricultura.

Estudios sociológicos y ambientales hablan de los problemas que causa ese despoblamiento del interior y el aumento de población en la periferia, que se ha dado no solo en Almería, sino de modo más amplio en el resto de España, salvaguardando algunos reductos con producción industrial. Es cierto, que fuera de lo que es la Horticultura protegida, pero incluida en la Horticultura intensiva, aparece en la provincia un cultivo como la lechuga donde la superficie en los últimos años supera las 7000 hectáreas y que realiza un gran aporte a la economía provincial, pero desde un punto de amplitud de gama. Dado las condiciones agroambientales con que contamos, los abrigos de que disponemos para hacer los cultivos, el soporte técnico que ofrecen

1.8. La incorporación de tecnología en la horticultura de Almería como base para mantener la rentabilidad de los cultivos

los casi 2000 ingenieros en agronomía trabajando en la provincia y, sobre todo, con la solvencia que ofrece la estructura comercial existente, capaz de colocar en el mercado de modo continuo a lo largo del año más de 3,5 millones de toneladas, es necesario que seamos capaces de pensar de modo global en la provincia y en algo más que horticultura.

Para esa amplitud de gama, juega a nuestro favor el consumo saludable que la sociedad desea, nuestro enclave Mediterráneo, la historia y la capacidad de sobreponerse a situaciones extremas.

Una opción son los cultivos que han dado en llamarse exóticos y que lo son, porque habría que hacer un trabajo de adaptación al sistema productivo del sureste español. En algunos casos ya se han iniciado con cultivos como la papaya y el mango y se atisban las grandes posibilidades que ofrece la provincia para cultivos como el aguacate (Figura 11). Adaptación de cultivos autóctonos, considerados así por la cantidad de tiempo que se han estado haciendo en la provincia de Almería, como higueras, nísperos, granadas, uvas, moras, es una adaptación y modernización del sistema de producir y del material que demanda el mercado.



Figura 11. Cultivo de papaya bajo invernadero

8.8. La aplicación de nuevas tecnologías al modelo

En los últimos años se puede leer o escuchar en los medios de comunicación, más o menos especializados, titulares del tipo: “La digitalización, el gran reto de la agricultura”, “Sensores remotos para revolucionar los cultivos”, “Almería SmartAgriHub, el paso definitivo en la transformación digital del sector agrícola”, ¿Podrían los robots beneficiar a consumidores y agricultores por igual?... estos titulares conviven con otros del tipo: “Aumenta el hambre en el mundo”, “¿Por qué sigue habiendo hambre en el mundo?”, “Un mundo sin hambre es posible”, “En toda la Unión Europea, cada año se pierden o desperdician alrededor del 20% de los alimentos producidos en los Estados miembros”.

La auténtica revolución en este camino la llaman agricultura 4.0, en semejanza con lo que fue y está siendo la 4ª revolución industrial. Es difícil realizar una definición precisa, pero sería algo

así como “La organización y control desde la semilla o plántula hasta la mesa”. Para ello se utilizarán todas las técnicas y conocimientos que permitan la conexión y ejecución, lo más inmediato posible, a lo largo del proceso. Los términos Big Data, la utilización de sensores, el empleo de robots, la automatización de cualquier fase del proceso, lo que denominan el internet de las cosas, parece que va a ser, también en el sector agrícola, lo predominante.

Vistos los dos párrafos anteriores, lo que no es sensato, incluso podría ser obsceno, es ligar ese desarrollo al que se tiende, de nuevo, con el objetivo que ya se utilizaba en la revolución verde, “la búsqueda del sustento para toda la humanidad de las necesidades alimenticias que tienen y tendrán en el futuro”, además dando las cifras de los 10000 millones de personas que seremos en el umbral del 2050. De modo muy reduccionista podríamos decir que hay dos grandes bloques de producir alimentos. El primer bloque sería el que se sigue en países desarrollados y, en algunos en vías de desarrollo, con bases a estructuras económicas y búsqueda de rentabilidad que por mor de la globalización y, dado lo que suponen ciertos costes en la producción de los alimentos, en estos últimos países, se invierte en el sector primario para obtener grandes beneficios, dada la baja inversión a realizar para generar empleo y, en definitiva, obtener una buena rentabilidad. El segundo bloque lo conformaría una mísera agricultura de subsistencia, donde no les llega para comer, donde faltan medios de producción y, no se ayuda ni siquiera a conseguirlos para eliminar la lacra.

Es decir, agricultura rentable frente a agricultura de subsistencia, pero siempre achacando en el mundo desarrollado, la falta de medios o técnicas que van a venir para quitar de una vez por todas el hambre en el mundo.

No se consiguió con la revolución verde, en algunos lugares ya estamos en la segunda o tercera, dados los avances y cuidados que hacemos en nutrición y protección vegetal así como los cuidados al medioambiente, no se ha paliado con la aplicación de biotecnología a muchos de los procesos, incluso cuando también se suma y propone en los trabajos la necesidad de los Organismos Modificados Genéticamente (OMG), ahora estamos con la Agricultura Inteligente y el mismo objetivo... Investiguemos y desarrollemos aquello que va a ser útil a la sociedad ahora y después, pero no cometamos la obscenidad de decir que estamos investigando en ello para eliminar el hambre en el mundo, pues no hemos encontrado la condición social para hacerlo, aunque sí las técnicas para hacer agriculturas rentables, pese a que ahora tengamos que meter cuñas de economía circular para desandar parte de lo andado.

Para la demanda del futuro, creemos que no más allá de 15-20 años, se hace necesario una reflexión para calar en la mente y sentimientos de los pobladores de nuestro planeta, enfocado a las personas que en la actualidad tienen entre 20 y 40 años, lo que el mundo desarrollado está llamando los millennial y centennial, que han sido educados a caballo entre un ámbito de necesidad y de libertad, donde las exigencias como consumidores es muy distinta a la que tienen la mayoría de la población que en la actualidad toma las decisiones de compra, el valor que éstos dan a la justicia distributiva, al cuidado medioambiental, la capacidad para obtener información, la capacidad para movilizarse, etc. Lo estamos viendo en las movilizaciones juveniles que se están dando para luchar contra el cambio climático, la denuncia continua por el abandono de materiales plásticos que están eliminando y cambiando parte de la fauna marina y, los sacrificios que son capaces de hacer, renunciando incluso a la continuidad del consumo de ciertos productos alimentarios para propalar la importancia que tiene adquirir productos alimentarios

de kilómetro 0, o lo que representan para ellos los términos bio o eco, siempre pensando con altruismo hacia el planeta. Reenfoquemos actitudes y comportamientos, o muchos de los modelos de producción, que actualmente están funcionando dentro del bloque de la rentabilidad, dejarán de hacerlo (Camacho 2019).

9. La evolución económica del modelo de Horticultura de alto rendimiento de Almería

Las cifras demuestran que el principal pilar de crecimiento de la economía almeriense es la agricultura. Ha sido el auténtico motor de crecimiento y así lo demuestra el peso que tiene este sector en el valor añadido bruto provincial. En este sentido, si se comprara la representatividad de la agricultura en los casos de España, Andalucía y Almería, se observa que esta provincia quintuplica el peso que este sector tiene en el resto de España y dobla la media andaluza (Figura 12). Como sector económico en un país avanzado, la agricultura almeriense se caracteriza por su alto rendimiento, obtenido tras una importante inversión tecnológica, una gestión muy profesional y el respeto medioambiental. Son matices que la alejan de la agricultura de subsistencia, de escaso valor añadido y común entre los países subdesarrollados que, a medida que mejoran sus cifras de crecimiento, ponen énfasis en otros sectores, como la industria y los servicios.

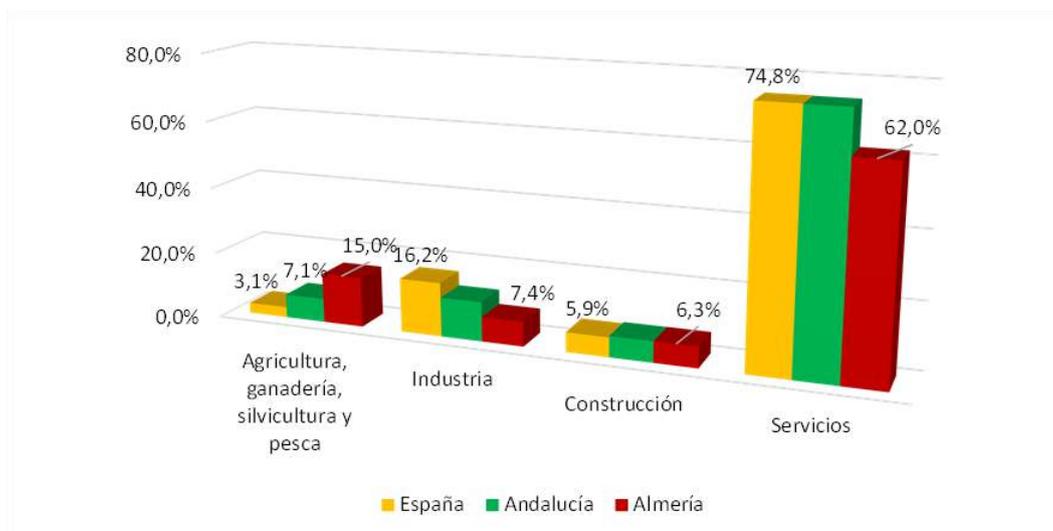


Figura 12. Comparativa de valor añadido bruto: España, Andalucía y Almería (2016)

Fuente: Elaboración propia a partir de la Contabilidad Regional de España – INE.

El carácter empresarial de la actividad agrícola tiene su reflejo en la creación de riqueza, el crecimiento de la renta media de los hogares y de la población de Almería. En concreto, es la provincia española de más de 500.000 habitantes que más ha crecido desde el año 2000, con un 40,33%, desde los 209.012 habitantes, hasta los 727.241 del año 2020. A cierta distancia, le siguen Málaga (31,79%), Murcia (31,46%) y Madrid (30,22%). En términos PIB per cápita, la provincia de Almería no dejó de ascender posiciones en el ranking nacional, hasta el año 2007, cuando registró una media de 20.873 euros por habitante. Con datos de 2018, la media provincial se sitúa en 19.919 euros por habitante. A este respecto, es necesario matizar que el importante crecimiento poblacional presiona a la baja, en el corto plazo, el PIB per cápita de la provincia.

1. Panorama general

Año tras año, la producción que genera este potente sector productivo, cuantificada en más de 3,5 millones de toneladas de hortalizas, se destina mayoritariamente a la exportación, por un valor superior a los 2500 millones de euros (campaña 2019/20). A escala provincial, para la campaña 2018/19, Almería representaba el 43% del valor total exportado de las hortalizas de España, seguida de Murcia (23%) y Valencia (7%). Año tras año, se ha ido incrementando el volumen y el valor exportado, al mismo tiempo que lo hacía la superficie invernada (Figura 13).

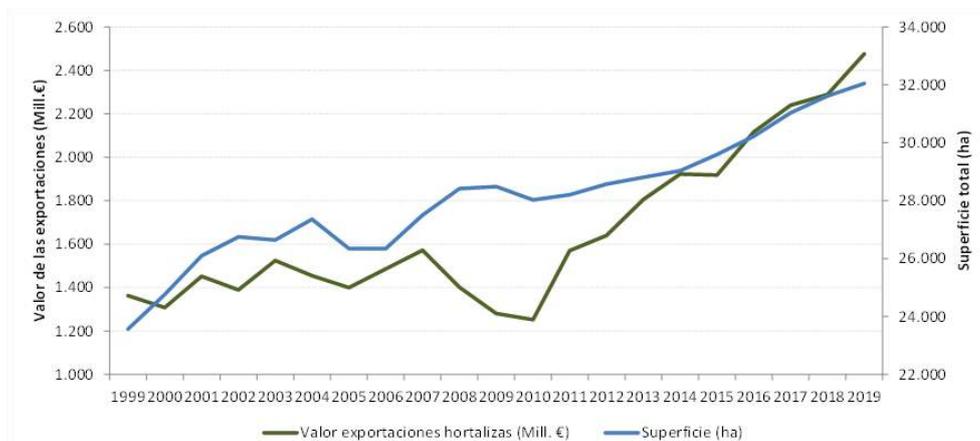


Figura 13. Evolución del valor de las exportaciones (mill. €) y de la superficie (ha) de Almería.

Fuente: Elaboración propia a partir de Fepex y de los datos disponibles en la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Junta de Andalucía

Por otro lado, el volumen producido y exportado no se relaciona con una mayor amplitud de la gama comercializada, sino todo lo contrario. Sin embargo, en el caso de tomate, melón y judía verde, la superficie dedicada a estos cultivos ha disminuido de forma considerable. Así, si se relaciona la superficie dedicada en las campañas de 2006/07 y 2019/20, resulta que el tomate ha cedido un 14,5% de superficie (-1.467 ha), el melón ha cedido el 48,1% (-2.459 ha) y la judía verde ha disminuido un 89,1% (-1.555 ha). Por ello, ya no se puede hablar de ocho productos, sino más bien de 6 + 2, debido al claro retroceso de la judía verde y el melón. A medio plazo habrá que observar cómo evoluciona la superficie dedicada a tomate, que lleva dos campañas en claro retroceso.

Desde el punto de vista de la rentabilidad de las explotaciones agrícolas, hay que prestar a la alta volatilidad en los precios en origen, como se presenta en la Figura 14. En este mismo gráfico se observa cierta estabilidad entorno a los 0,55€/kg, como media de los últimos 21 años, para todos los cultivos hortícolas de Almería. Es evidente que este precio medio no es suficiente para analizar el éxito de una campaña, pues hay que tener en cuenta los costes de producción y los precios de venta para cada cultivo. En este sentido, es común que el sector haya reivindicado, con razón, una solución a la reducción de los márgenes de producción, ya que los precios de venta cada vez son más bajos, mientras que los costes de producción suelen presentar una tendencia creciente, especialmente en aquellos en los que la actividad agrícola tiene una fuerte exposición, como es la mano de obra.

Así, mientras el ingreso por kilogramo sufre altibajos, los productores han apostado por el incremento de la producción por hectárea de cultivo y, al mismo tiempo, por el aprovechamiento de las ventajas de reducción de costes debidos a la ganancia de dimensión. El reflejo en la cuenta de resultados ha sido el aumento constante de la inversión anual por

1.8. La incorporación de tecnología en la horticultura de Almería como base para mantener la rentabilidad de los cultivos

campaña. Así, según los datos del Informe de Campaña de Cajamar, si en la campaña 2014/2015, el total de gastos por hectárea ascendió, en media, a los 57033 euros, en la campaña 2019/20 dicho coste ascendía a 62486 euros por hectárea, es decir, casi un 10% más. En este sentido, hay que matizar que la cuenta de resultados teórica debe ser matizada para cada cultivo, pues la estructura de costes difiere sensiblemente dependiendo de la intensidad con que emplean cada tipología de coste (Honoré et al., 2019).

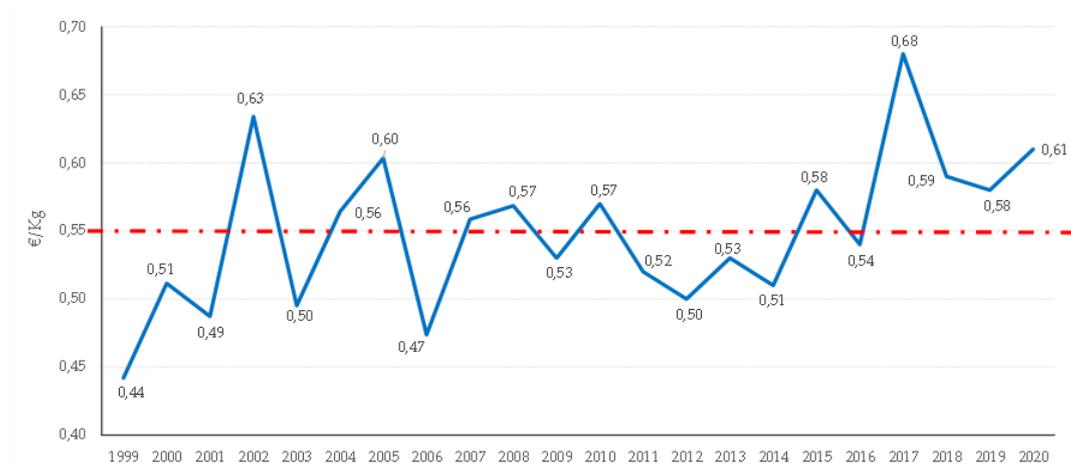


Figura 14. Evolución del precio medio de los productos hortícolas de Almería. €/kg (1999/2020).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos suministrados por la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Junta de Andalucía

Bibliografía

- Acosta, N. (1973). Cultivos enarenados. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.
- Bretones, F. (1981). Producción de hortalizas en invernadero. Conferencia Internacional sobre plásticos en agricultura. Saltillo – Coahuila – México.
- Bretones, F. (1992). Mejoras en la geometría de cubierta del invernadero tipo Almería. III Jornadas Nacionales de cultivos protegidos. COITA. Almería
- Camacho Ferre, F. (1980). Cultivos intensivos en la provincia almeriense. Equipo de Ciencias Naturales “Los Filabres”. Almería
- Camacho Ferre, F. (2017). El futuro de la agricultura protegida sostenible en Almería. Revista Distribución y Consumo 148. Vol. III. 40-51. Mercasa, Madrid
- Camacho Ferre, F. (2019). Producción sostenible de alimentos. Actitudes éticas. Revista Distribución y Consumo 158. Vol. III. 26-30. Mercasa, Madrid
- Castilla, N. (1986). Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería: necesidades hídricas y extracción de nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- Castilla, N. (2007). Invernaderos de plástico, Tecnología y manejo. Ediciones Mundiprensa. Madrid

1. Panorama general

Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas (FEPEX). Enlace: <https://www.fepex.es/ext/sector-frutas-hortalizas.aspx>
Consulta: 8 de abril de 2021.

Fernández-Rodríguez, E.J. (1993). Principios de horticultura: materiales de protección, acolchados, túneles. Universidad de Castilla La Mancha

Ferraro García, F.J.; Aznar Sánchez, J. A.; Mesa Barreto, E.; Aguilera Diaz, B. (2004). El Sistema Productivo Almeriense y los Condicionamientos Hidrológicos. ISBN: 84-470-1406-1. Ediciones Cajamar

Honoré, M. N., Belmonte-Ureña, L. J., Navarro-Velasco, A., & Camacho-Ferre, F. (2019). Profit analysis of papaya crops under greenhouses as an alternative to traditional intensive horticulture in southeast Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16) doi:10.3390/ijerph16162908.

Ibn Luyūn, Sa'd b. Ahmad: Tratado de agricultura. (1988). [Edición y traducción] Joaquina Eguaras Ibáñez. Granada: Patronato de la Alhambra y Generalife, (Publicaciones del Patronato de la Alhambra; 2).

Martín, L.; Robledo de Pedro, F. (1971). Manual sobre aplicación de los plásticos en agricultura. Instituto de plásticos y caucho. Madrid

Martínez Raya, A. (1987). Comportamiento del riego bajo enarenado en invernadero. Balances de salinidad y fertilizantes, en especial en cultivos de pimiento y judía. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid

Medina San Juan, J.A. (1979). Riego por goteo. Teoría y Práctica. Ediciones. Mundiprensa. Madrid

Mendizábal, M. (1986). La agricultura de Almería entre la tradición y el progreso. Su última conquista los cultivos protegidos. I Jornadas Nacionales de cultivos protegidos. COITA – Almería

Rueda Cassinello F.; Rueda Cassinello J.M. (1965). Cultivos enarenados de hortalizas extratempranas. Ediciones Mundiprensa. Madrid

Serrano Cermeño, Z.; (1974). Cultivos hortícolas enarenados. Ministerio de Agricultura. Madrid.

1.9. Análisis y tecnología en horticultura mediterránea

Estanislao Martínez Martínez, Iván Frutos Vázquez* y Gonzalo Allendes Lagos

* ifrutos@agqlabs.com

AGQ Labs España

Índice

1. Breve historia de la tecnología agrícola
2. Evolución en equipos analíticos de laboratorios agroalimentarios
3. Evolución de la tecnología agrícola moderna
4. Tendencias y futuro de la industria agroalimentaria hortofrutícola

Resumen

Desde que la agricultura motivó al sedentarismo y crecimiento de las poblaciones, el interés del hombre por controlar y trabajar conscientemente la tierra, también ha ido en aumento.

En el siguiente artículo, los autores hacen un repaso sobre los equipos analíticos utilizados en los laboratorios agroalimentarios, cuyo objetivo principal es el de permitir, entender y optimizar los diversos procesos que controlan un cultivo.

Entre los métodos de estudio más antiguos, podemos nombrar aquellos que funcionaban con colorimetrías manuales, electrodos selectivos de iones, volumetrías o gravimetrías, supeditadas todas ellas a posibles errores humanos o interferencias no contempladas. Posteriormente, se introdujeron las técnicas de absorción atómica y espectroscopía de plasma o ICP óptico, las cuales se fueron perfeccionando con el paso del tiempo hasta la actualidad.

En la evolución temporal, desde principios del siglo XX se contaba con diversas tecnologías analíticas que permitían cierta cuantificación de diversos elementos y compuestos como nutrientes presentes en las plantas, suelo o agua. Pero ha sido durante la segunda mitad del siglo y especialmente en los últimos 20 años, donde la evolución ha sido más exigente.

La necesidad de mayor información para una sociedad cada vez más exigente y el descubrimiento continuo de diferentes materias activas perjudiciales o beneficiosos para la salud humana, ha obligado a los laboratorios a invertir en tecnologías cada vez más complejas. Dicha evolución se ha enfocado en una mayor automatización de procesos, eliminación de posibles interferencias, mayor precisión y rapidez a la hora de obtener resultados.

Finalmente, el artículo concluye hablando sobre el efecto del crecimiento poblacional y la globalización en la agricultura, que, según los autores, impulsa la industria en tres direcciones distintas bien determinadas. En primer lugar, la distribución de tecnología y conocimiento

agrícola cobra gran importancia, ya que se están cultivando ciertas plantas donde antes parecía imposible. Por otro lado, el transporte a mayores distancias, obliga a partir inicialmente con un producto en las mejores condiciones posibles. Y, por último, las exigencias del consumidor obligan a mantener un estándar de calidad e inocuidad en los productos comercializados.

1. Breve historia de la tecnología agrícola

Como bien se ha dicho en numerosas ocasiones, el área mediterránea ha sido cuna de grandes civilizaciones que se han ido mezclando, conquistando y sucediendo unas a otras. Relacionándose con otras culturas de oriente consiguieron establecer y desarrollar tecnologías que permitieron el auge de imperios basados en gran parte en una agricultura próspera, capaz de alimentar a grandes poblaciones.

Por motivos climáticos y geográficos, el Neolítico, periodo durante el cual se desarrolló la agricultura en sus primeros inicios, fue estableciéndose primero por las orillas del mar Mediterráneo, en contraposición a zonas más frías del norte de Europa, donde aún se priorizaba la caza y la recolección. Esta agricultura inicial, aún precaria y basada en dos o tres cultivos con producciones muy variables, suponía una importante fuente de alimentos que permitió el desarrollo de poblaciones cada vez más estables. Sin embargo, no todo era tan fácil; la alimentación en base a cereales y algunas hortícolas primitivas suponía un aporte de proteínas y vitaminas menor al que se conseguía con la caza. Ciertos estudios antropológicos sugieren que mientras los humanos del norte de Europa eran de constitución fuerte y oscuros de piel, los pobladores del primer neolítico mediterráneo eran menos corpulentos y mostraban rasgos más pálidos. Esta variación en el color de la piel se ha relacionado con la necesidad de mayor absorción de sol para compensar la falta de vitamina D, menos abundante en los escasos alimentos vegetales de los que se disponía. Así pues, si bien la agricultura supuso una ventaja, desde sus inicios debió ser objeto de grandes esfuerzos para mejorarla, haciéndola capaz de sustentar a grandes imperios (Noah, 2015)

Existen numerosos ejemplos de ello en la antigüedad; ya en el antiguo imperio egipcio cuyos orígenes se remontan hacia el 6000 A.C., se tenía buena constancia de la importancia de las inundaciones del río Nilo, diferenciando la fertilidad de los suelos dependiendo de la carga de limo fértil que había sido arrastrado. Durante la civilización griega y el posterior imperio romano hubo grandes avances en el desarrollo de técnicas agrícolas, generándose numerosos y rigurosos estudios de enfoque práctico que no se vieron igualados en muchos años. Por ejemplo, se hablaba del color de la tierra como indicador de fertilidad, dando más valor a aquellos suelos oscuros, que, aunque no fuera del todo exacto, ya hacían referencia al contenido de materia orgánica. Una de las grandes obras de la época, “De Re Rústica” (De los trabajos del campo en 12 libros”, fue escrita por Lucio Junio Moderato Columela en año 54 D.C. En él se clasificaban los suelos en tres categorías distintas según su fertilidad: grasos o magros, húmedos o secos, blandos o fuertes. También se hacía referencia a lo que hoy conocemos como densidad o compactación de un suelo con la siguiente receta: “...abrir una zanja y que la tierra de ella extraída se devuelva a la misma; si el agujero no se rellena completamente, el suelo es pobre; si algo de tierra queda fuera, el suelo es rico” (Columela y Álvarez, 2008).

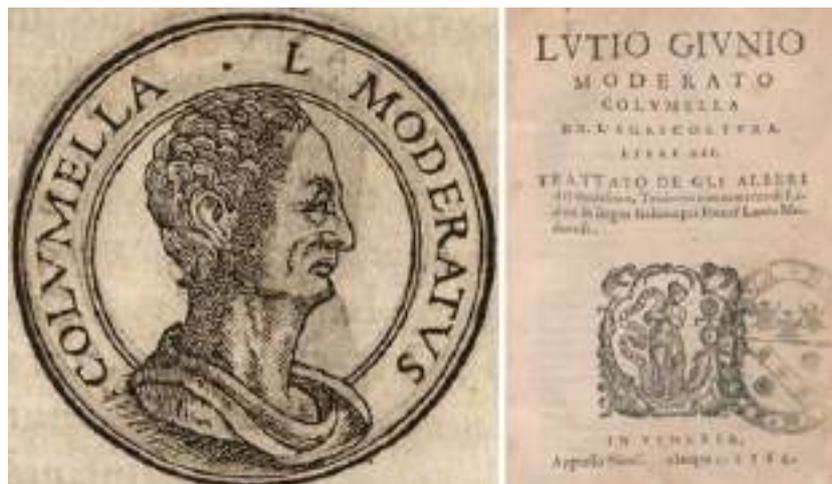


Figura 1. Tratado de agricultura de Lucius Junius Moderatus Columella editado en 1564

Por supuesto, durante esta primera época de ensayos y tratados agrícolas, aunque científicamente podrían parecer básicos, no se conocía la existencia de los distintos elementos nutrientes ni se disponía de las herramientas para medirlos. Para ello, habría que esperar aún muchos siglos. Tras la caída del imperio romano no se produjeron grandes avances tecnológicos, aunque ciertamente, los árabes, con su gran manejo del agua impulsaron nuevas técnicas y proyectos de riego. Entre los siglos XI y XIII en Al-Ándalus, grandes sabios de la época profundizaron en éste y otros temas escribiendo obras que serían referente en el mediterráneo: Destaca el “Libro de Agricultura de Ibn Al Awan” escrito en 34 tomos que suponía un recopilatorio de todo el conocimiento agrícola de la época.

Hasta ahora, los avances se habían producido con un enfoque práctico basado en siglos de observaciones, lo que aportaba mejoras significativas con cada paso, aunque estos fueran lentos. Sin embargo, durante los siglos XVI y XVII cobró más importancia las ciencias experimentales en el ámbito científico europeo, intentando entender la esencia de los procesos que gobernaban la agricultura. Se hablaba del “principio de la vegetación” en un intento de buscar los elementos que hacían que un cultivo creciera más que otro. Se apuntaba así a que las plantas contenían cuatro factores, sales, energía, aceite y tierra. Una concepción muy básica, pero que suponía el comienzo de la química agrícola (Navarro, 2000).

No fue hasta el siglo XVIII y principios del XIX donde gracias a los trabajos de A. Lavoisier, J. Priestly, H. Cavendish o J. Ingenhousz, se empezó a aplicar la ciencia química al análisis de las plantas, descubriéndose que éstas estaban formadas por C, H, O, N, P, K, S, Ca y Mg y definiéndose también el proceso de fotosíntesis. Un poco más adelante se completó la lista hasta un total de 15 elementos como el Cl, Na, Al, Si, Fe y Mo. Surgió la famosa “ley del mínimo” basada en los estudios de P. K. Sprengel y J. Von Liebig que definía el concepto de esencialidad, mostrando que, si alguno de estos elementos no estaba presente, las plantas morían. Derivado de estos ensayos se empezó a plantear que las plantas se alimentaban exclusivamente de elementos inorgánicos o minerales, aunque algunos pudieran venir de la degradación de materia orgánica. En esta época se comenzaron los primeros ensayos puramente hidropónicos y el concepto de restitución de la fertilidad de los suelos mediante la aplicación de elementos minerales. Estas teorías han perdurado durante mucho tiempo y suponen la base de la agricultura moderna, aunque actualmente existe otras líneas complementarias relacionadas con el papel de las sustancias orgánicas o el de los microorganismos como agentes potenciadores.

Se comenzó así un periodo de grandes avances científicos donde se consiguieron las primeras tablas de extracción de nutrientes para ciertos cultivos de la época, relaciones entre elementos minerales, papel de las arcillas en la retención de éstos, fijación de nitrógeno por especies leguminosas y numerosos conceptos de aplicación práctica que dieron lugar a una incipiente industria de fertilizantes minerales. (Navarro 2000)

En la primera mitad del siglo XX se desarrollaron numerosas metodologías analíticas para conocer los rangos de fertilidad de suelos. La mayoría estaban basados en disoluciones extractantes que conseguían separar fracciones de elementos que se correlacionaban con los contenidos de los mismos en las plantas. Se comenzó también a hablar del concepto de disolución del suelo refiriéndose a la fracción de elementos solubles en agua. Ésta podía ser extraída mediante filtración directa, lisímetros, centrifugación o separación en columnas. Los avances en la física de la materia de la época permitían cierta cuantificación de elementos mediante equipos analíticos como el fotocolorímetro, el fotómetro de llama, el pH-metro, volumetrías y gravimetrías. Para entonces, ya se habían establecido los principales conceptos agronómicos que utilizamos hoy en día. Incluso se comenzó a desarrollar ciertos cultivos hortícolas hidropónicos en California que, aunque tardarían bastante en implantarse en el mediterráneo, ya apuntaban hacia un incremento en la productividad agrícola.

Durante la segunda mitad del siglo XX coincidieron varias circunstancias a nivel mundial que impulsaron la tecnología agrícola en una carrera para aumentar la calidad de las cosechas que dura hasta hoy en día. Existía ya mucha mayor relación entre las distintas disciplinas científicas, lo que permitió desarrollar nuevas tecnologías analíticas para aislar y cuantificar con mayor exactitud diversos componentes de suelos, plantas, fertilizantes y plaguicidas. Para 1960 ya se contaba con la cromatografía, la espectrofotometría, la absorción atómica, la resonancia magnética, espectrometría de masas o difracción de rayos x.

La segunda guerra mundial había terminado y en Estados Unidos en la década de los 60 comenzaba un proceso llamado "revolución verde". Tenía como objetivo aumentar las cosechas de diversos cereales mediante el uso de nuevas variedades más productivas y resistentes, para poder alimentar a una población mundial en crecimiento exponencial. Gracias al intercambio de conocimiento científico internacional e intereses comerciales, este movimiento y sus avances tecnológicos se extendió rápidamente por todo el mundo. La fundación Rockefeller fue una de las impulsoras desde sus inicios, la misma que instaló la disciplina de Química Agrícola en España de la mano de J. M. Alvareda. La Universidad de Murcia y posteriormente la de Madrid la incorporaron dentro de sus ámbitos científicos. Desde el Ministerio de Agricultura y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas se crearon una red de estaciones experimentales y centros de investigación que impulsaron la tecnología agrícola mucho más allá de las fronteras nacionales. Grandes personalidades como E. Primo Yúfera, O. Carpena, González García, C. Cadahía y muchos más ejercieron un impacto fundamental en la tecnología agrícola en aquellos años.

Sin embargo, aunque la revolución verde consiguió su objetivo multiplicando la producción de cereales y otros cultivos, en los años 80 empezaba a vislumbrarse cierto desequilibrio en la industria agrícola. Las nuevas variedades eran más productivas, pero también tendían a ser más pobres como alimentos, los plaguicidas empleados generaban efectos secundarios, los suelos se empobrecían rápidamente tras varios años de cultivo, se observaban efectos de contaminación

en zonas agrícolas. Comenzó así una nueva tendencia que intentaba equilibrar el desbalance producido por la rápida expansión de la revolución verde. Desde entonces y hasta ahora, se han implementado desarrollos tecnológicos y legislaciones medioambientales y de inocuidad alimentaria cada vez más rigurosas y estrictas. Aparecen conceptos y modelos como cultivo orgánico o ecológico, lucha integrada, sistema biodinámico, residuo cero, relaciones microbianas, reguladores hormonales, cultivos intensivos, verticales, nutracéutico y multitud de nuevas estrategias productivas. Tras todas ellas se esconde un intento de alcanzar el concepto de sostenibilidad, entendiéndolo como una relación coherente a largo plazo entre la agricultura y el medio que la sustenta y rodea. Este enfoque obliga a acercarse al agricultor y a la industria agrícola global, diversidad de tecnologías que permitan controlar sus procesos, identificar limitantes y aplicar las medidas correctivas más eficaces.

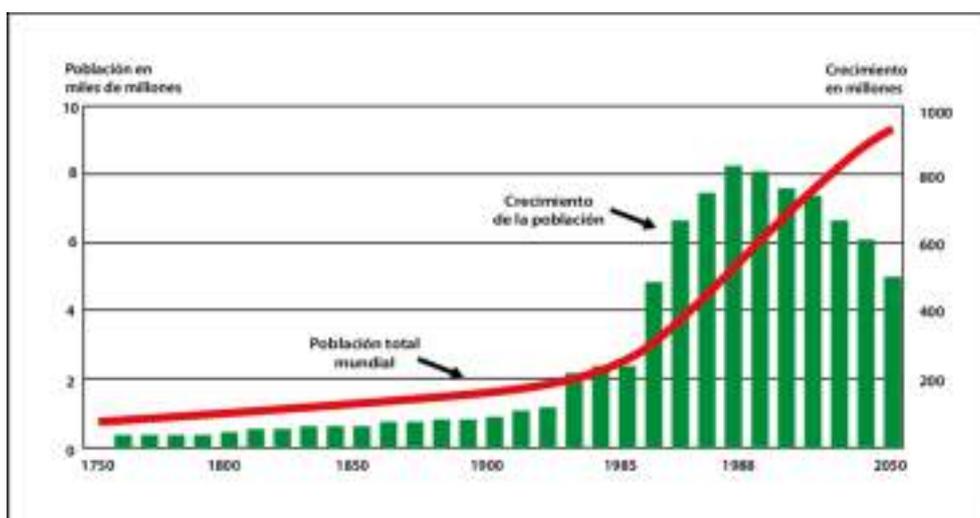


Figura 2. Evolución de la población mundial y crecimiento desde 1750 a estimación de 2050. Fuente https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Crecimiento-de-la-poblacion-mundial_fig1_320222378

En resumen, la tecnología agrícola ha acompañado desde sus inicios al desarrollo de la población humana sedentaria. Los avances se han sucedido a ritmos muy distintos según la época y en ocasiones nos han llevado a caminos cortados, pero sin duda alguna nos han permitido estar donde estamos. Nadie sabe cuál será el futuro de la agricultura, pero hoy en día, el reto es conseguir una industria sostenible en su más amplia definición, capaz de alimentar a una población creciente.

2. Evolución en equipos analíticos de laboratorios agroalimentarios

Los análisis agroalimentarios incluyen toda una batería de métodos sobre diferentes matrices y con enfoques muy diversos. Una primera separación la podríamos hacer entre análisis agronómicos y alimentarios. Los primeros se centran en obtener información sobre suelos, aguas, disoluciones acuosas como soluciones nutritivas o drenajes, diversas partes de la planta y fertilizantes. Suponen una herramienta fundamental para poder optimizar los diversos procesos que afectan a un cultivo. La cantidad y diversidad de análisis realizados ha ido aumentando con los años, según se iba profundizando en la tecnología agrícola. El segundo grupo, los análisis alimentarios se centran principalmente en asegurar una inocuidad del producto final y sus transformados. Hablamos aquí de residuos de diversos plaguicidas,

presencias de microorganismos como hongos y bacterias, metales pesados, y contaminantes de diversos tipos. Esta disciplina está en continua evolución ya que está muy unida a la legislación vigente que se ve modificada constantemente. También existe una tercera categoría que podría estar englobada en cualquiera de los dos grupos anteriores, enfocada hacia la calidad comercial del producto final. Pongamos como ejemplo la composición en ácidos orgánicos de un vino, los antioxidantes de un aceite o el contenido en azúcar de diferentes jugos.

De manera general, el uso de los análisis agronómicos no se basa en legislaciones que obliguen al agricultor a cumplir una serie de parámetros técnicos. Más bien, son utilizados como una herramienta fundamental que permite entender y optimizar los diversos procesos que controlan un cultivo. Un agricultor no analiza el contenido de N en hojas porque algún organismo público le obligue, sino para emprender prácticas agronómicas que le permitan mejorar sus cosechas. Aunque sí podemos encontrar legislación respecto a la formulación de fertilizantes o presencia en suelos y aguas de ciertos contaminantes, el verdadero problema se da cuando los mismos se han trasladado al producto final comestible. Esto hace que mientras en las metodologías analíticas de inocuidad alimentaria busquen rangos de medida extremadamente bajos, en las agronómicas se persiga más encontrar métodos que den información útil, rápida y fiable.

A modo comparativo podríamos hablar del análisis de plaguicidas en fruta, donde una diferencia de 0,01 mg/kg en una materia activa concreta, determina la aceptación de ésta en los mercados, mientras que para ver ligeras diferencias productivas respecto a la concentración de Na en el agua, ésta debería variar al menos en más de 10 mg/kg.

Como se ha comentado anteriormente, ya desde principios del siglo XX se contaba con diversas tecnologías analíticas que permitían cierta cuantificación de diversos elementos y compuestos. Pero ha sido durante la segunda mitad del siglo y especialmente en los últimos 20 años donde la evolución ha sido más exigente. La necesidad de mayor información y el descubrimiento continuo de diferentes materias activas perjudiciales o beneficiosos para la salud humana, ha obligado a los laboratorios a invertir en tecnologías cada vez más complejas. Dicha evolución se ha enfocado en una mayor automatización de procesos, eliminación de posibles interferencias mayor precisión y rapidez a la hora de obtener resultados.

Muchos de los métodos antiguos se basaban en colorimetrías manuales, en las que se medía el color formado por un compuesto disuelto y un reactivo de color. También se utilizaban electrodos selectivos de iones, volumetrías o gravimetrías. Todas ellas estaban supeditadas a posibles errores humanos o interferencias no contempladas. Posteriormente se introdujo la técnica de absorción atómica, que medía la radiación absorbida por una muestra al ser irradiada por una lámpara de un elemento en concreto. Esta técnica aportaba gran precisión (rango de partes por millón) y eliminaba ciertas interferencias, pero era costoso el reemplazo de cada lámpara y hacían falta un gran número de ellas para tener un barrido elemental completo. La evolución llegó con la espectroscopía de plasma o ICP óptico, que aporta un rango de medida más bajo y la capacidad de medir diferentes elementos al mismo tiempo. En este caso se basa en la medida de la radiación espectral característica de cada elemento mediante un espectrofotómetro de emisión óptico, sobre una muestra en forma de aerosol que ha sido sometida a altas temperaturas por una antorcha de plasma. Esta técnica es de las más utilizadas hoy en día ya que permite analizar una gran cantidad de elementos al mismo tiempo y en concentraciones más bajas (partes por billón). Una variante de ésta es el ICP-MS o ICP masas

donde el detector es un espectrómetro de masas atómicas, capaz de llegar hasta rangos de partes por trillón. Está especialmente orientada a elementos que se encuentra en muy bajas concentraciones como pueden ser metales pesados. Existen también equipos capaces de analizar muestras sólidas sin ningún tipo de pre-extracción, aunque su alcance en analitos es limitado. Se trata de los analizadores elementales. Éstos calientan la muestra a temperaturas cercanas a los 1000°C provocando que los componentes de H, C, N y S se volatilicen, para su posterior análisis. Son muy usados en análisis de suelo para obtener datos sobre el N o el C total presentes.

Sin embargo, estas técnicas no son capaces de analizar compuestos no elementales como la gran diversidad de plaguicidas, desinfectantes, toxinas, contaminantes orgánicos etc. Para ello, las técnicas cromatográficas han tenido que especializarse y adaptarse continuamente a las legislaciones para conseguir mayor precisión y alcance analítico. Las diferentes técnicas que usa (gases o líquidos) permiten una separación específica de materias activas, que adaptada a detectores específicos son hoy en día capaces de realizar barridos analíticos con más de 500 compuestos.

Aparte de todo este instrumental analítico de uso común en laboratorios agroalimentarios, podemos encontrar muchas otras técnicas que, por su costo o especificidad de análisis, se encuentran mayoritariamente en centros de investigación o centros especializados. Podríamos citar difracciones de rayos X, resonancias magnéticas, microscopios electrónicos, espectoscopías moleculares y muchas otras más que han surgido como respuesta a una necesidad creciente de información rigurosa.

Paradójicamente, existen también algunos casos donde la evolución analítica aparentemente ha sido escasa. Podríamos citar el método Kjeldahl, utilizado principalmente para conocer el contenido de N en sustancias sólidas como suelos y hojas, descrito en 1883 y que sigue aún en uso en la actualidad, aunque con mejores evidentes en la instrumentación. O el método Bouyoucos para calcular la textura de un suelo, descrito en 1928 y que has sufrido pocos cambios desde entonces.

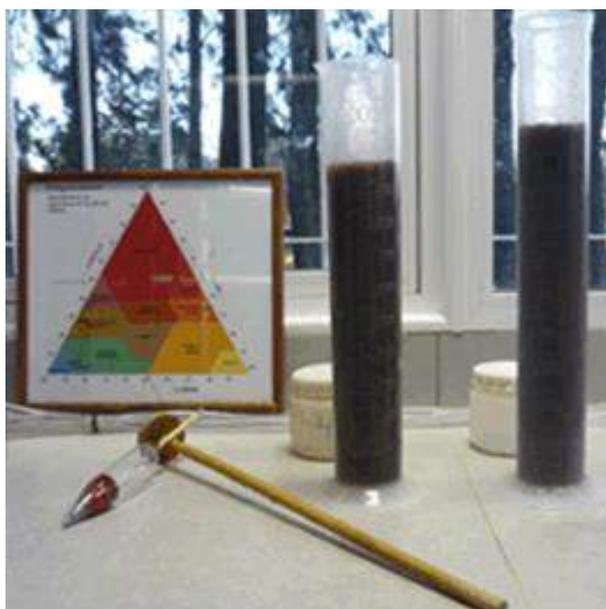


Figura 3. Metodología Bouyoucos para la determinación de la textura de suelos

3. Evolución de la tecnología agrícola moderna

Más allá de la evolución en la instrumentación de laboratorio, cuyos avances han ido en sincronía con la necesidad de controlar nuevas moléculas, existe también una evolución agrícola más relacionada con la transformación de datos analíticos en conocimiento aplicado. El ecosistema de un cultivo es tremendamente complejo y heterogéneo, viéndose afectado por tipos de suelo, sustratos, aguas de riego, microorganismos, fertilizantes, clima, genética de la planta, plagas y un sinnúmero de variables. No existe un análisis que de por sí ofrezca la información suficiente para poder controlarlos todos y así dirigir el cultivo hacia el objetivo fijado. Más bien, se habla de modelos de conocimiento que engloban diferentes herramientas que pueden ir arrojando luz sobre determinados aspectos importantes.

El análisis foliar, por ejemplo, se ha usado desde hace más de 100 años para conocer el contenido de nutrientes que tiene la planta y así poder estimar su estado nutricional. Para ello se han desarrollado diferentes modelos de interpretación, cada uno con sus ventajas e inconvenientes. El más básico y el que primero se utilizó, es el comúnmente denominado análisis foliar estacionario o de rango de suficiencia. Éste plantea una época de muestreo específica donde se asume que la concentración de nutrientes se mantiene relativamente constante en la planta. Mediante su análisis y su comparación con unas referencias se puede estimar el estado general del cultivo. Sin embargo, adolece de ciertas carencias que con frecuencia disminuyen su usabilidad. Por un lado, la concentración de nutrientes en hoja rara vez se mantiene estable, mucho menos en cultivos hortícolas de rápido crecimiento, por lo que al elegir un momento específico se está discriminando parte de la información. En realidad, la mayoría de cultivos tienen demandas nutricionales distintas dependiendo de su estado fenológico, por lo que también varía su composición interna a lo largo del ciclo de cultivo. Por otro lado, las referencias suelen aportar un rango óptimo bastante amplio lo que disminuye el rigor de la interpretación. Por último, si la elección del momento de muestreo es muy tardía, no permite correcciones eficaces, si es muy temprana, no predice la totalidad del ciclo.

Para solventar alguno de estos inconvenientes se desarrollaron otros métodos de interpretación que incluían correlación entre los distintos elementos. Uno de los más conocidos es el método DRIS, (Diagnosis and Recommendation, Integrated System). Este método, mediante un análisis estadístico, interpreta cada elemento en base a la relación que existe con el resto, de tal modo que el análisis foliar se observa desde un punto de vista global. Incorpora así el concepto de la ley de mínimos descrita por J. Von Liebig, donde se da importancia a todos los elementos. Fisiológicamente fue un avance importante ya que, por ejemplo, para una correcta absorción de N para la generación de aminoácidos, es también necesaria la asimilación de P que aporta la energía del proceso (ATP, NADP). Este método aún se usa hoy en día, pero tiene el inconveniente de que requiere de una referenciación exageradamente rigurosa. Si ésta no es adecuada o no contempla una casuística amplia (cultivo, variedad, clima, tipos de suelo, etc.), el análisis estadístico puede proporcionar información no del todo correcta. Por ello, suele utilizarse en cultivos y zonas específicas donde la variación está más acotada (Sanz 2000).

Existe también la metodología de análisis con dinámica evolutiva. Éste es similar al de rango de suficiencia, pero incorpora un aspecto tremendamente importante, la modificación de los rangos de referencia a lo largo del ciclo de cultivo. Crea una serie de curvas para cada elemento acotadas por rangos óptimos, que van mostrando el estado del cultivo en cada etapa fenológica.

Permite por tanto tener una reacción rápida ante los desbalances encontrados o prever ciertas tendencias adversas. Aunque no contiene un análisis estadístico inter-elemental como en el caso del DRIS, al disponer curvas de varios elementos al mismo tiempo, es fácil observar las relaciones entre ellos. Las referencias utilizadas en este método no son fáciles de generar, y a menudo son fruto de esfuerzos de centros tecnológicos especializados, por lo que no es habitual encontrarlo. Sin embargo, es de los más completos a la hora de obtener información de uso práctico para el agricultor.

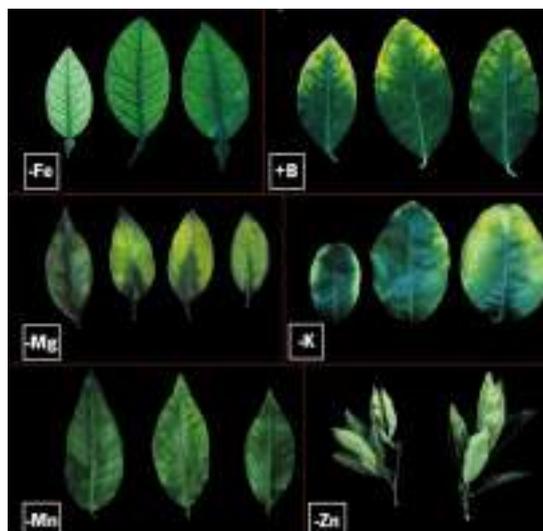


Figura 4. Síntomas mostrados por hojas de cítricos ante desbalances nutricionales. *Fuente:* <https://www.tecnicoagricola.es/etiqueta/citricos/>

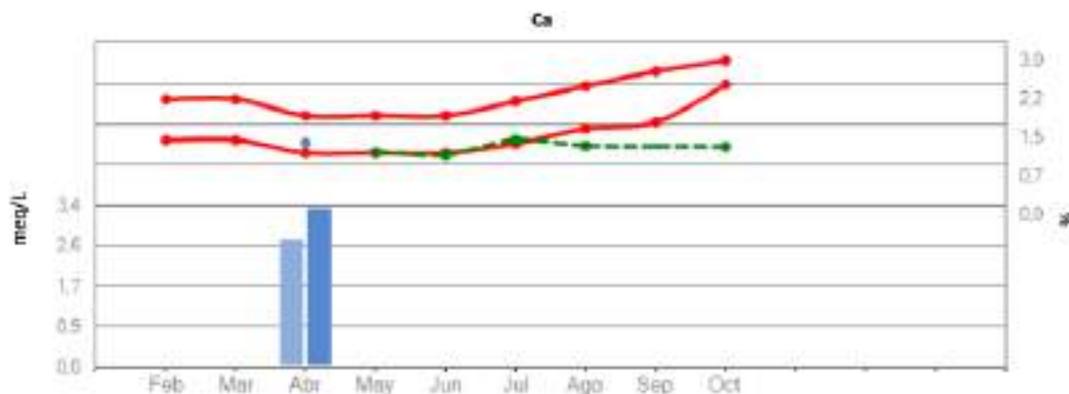


Figura 5. Ejemplo de análisis foliar dinámico para calcio en nogal. En rojo se muestran los niveles de referencia alto y bajo. En líneas verde y azul se muestran los datos analíticos. Las barras azules muestran la disponibilidad de Ca en la solución del suelo. *Fuente:* AGQ

Complementando al análisis foliar, ya en los años 60 se comenzó a evaluar la savia como material indicador de posibles excesos o deficiencias nutricionales. En realidad, aunque se le llama savia, sólo en ciertos ensayos de investigación específicos es correcto el nombre. Se trata más bien de un conjunto de fracciones extraídas de los brotes mediante prensado, y contiene tanto savia xilemática, floemática y jugo inter e intra-celular de órganos conductores (Cadahía 2008). Pero, de cualquier modo, intenta representar la movilidad de los nutrientes dentro de la planta. Es un buen indicador para observar procesos dinámicos tales como absorción por parte de las raíces o traslocación desde las hojas hacia otros órganos sumideros de nutrientes. En contraposición al análisis foliar, este método es más dinámico y sensible a los cambios del cultivo y su entorno.

1. Panorama general

Se ha utilizado con frecuencia en cultivos hortícolas de gran velocidad de crecimiento. Tiene el inconveniente de que al ser tan dinámico cuesta conseguir referencias reproducibles en diferentes casuísticas, pero sin duda tiene aún mucho potencial por explorar.



Figura 6. Sección de un brote para extracción de savia. Se observan tubos xilemáticos y floemáticos separados

Existen también otros análisis de planta que han cobrado más relevancia en los últimos años por aportar información complementaria a la nutrición mineral externa observada en los análisis foliares. Se trata de los análisis de flor y de reservas en raíces. Los primeros se enfocan en observar el estado de la flor para prever su cuajado, de tal modo que aquellas que están mejor nutridas pueden afrontar el desarrollo del fruto incipiente en mejores condiciones. Lógicamente son análisis de comprobación de la actividad pasada, ya que el cuajado es inminente, pero permiten ciertos refuerzos con aplicaciones foliares para asegurar la fructificación. Se han hecho principalmente en frutales de hueso, frutales de pepita o cultivos de frutos secos, donde los periodos de latencia invernal tienen gran efecto sobre el estado de las flores. Con un enfoque similar, el análisis de reservas en raíz se ha diseñado para obtener información sobre aquellos nutrientes orgánicos que la planta acumula para posterior uso. Su control permite en muchas ocasiones asegurar futuras brotaciones y floraciones. Se han desarrollado curvas de reservas que han desvelado comportamientos internos de la planta hasta ahora desconocidos, o por lo menos, poco comprobados en campo.

Pero el análisis de planta, sea el órgano que sea, sólo arroja información sobre el estado general del cultivo, no sobre los motivos que lo han llevado a esa situación. Una deficiencia de Ca en planta puede venir de falta de suministro de fertilizante cálcico, de suelos ácidos donde éste se lava con facilidad, de antagonismos por exceso de Mg, de excesos de salinidad, falta de transpiración, crecimiento muy vigoroso por exceso de N, problemas radiculares que impiden su absorción etc. Así pues, debe ser complementado con otro tipo de analíticas para implementar correcciones. El análisis de suelo es una de las más utilizadas y lleva en constante uso desde hace más de un siglo. A lo largo del tiempo se han ido estandarizando diferentes disoluciones que extraían determinadas fracciones de elemento en suelo, correlacionándose con contenido de elemento en planta, o directamente con producción. Tal es el caso de las extracciones Olsen o Bray Kurtz para fósforo, Lindsay, Norewell para micronutrientes metálicos, Mehlich y variantes para extracciones genéricas, etc. En base a los resultados obtenidos se afrontaba la fertilización de una manera u otra. Se hizo común el término de nutrientes disponibles, asumiendo que los que son extraídos en estas fracciones son susceptibles de ser

absorbidos por la planta a medio largo plazo. En la actualidad se siguen realizando innumerables análisis de suelos para el mismo fin, pero sin duda alguna, la información que aportan resulta escasa para la hortofruticultura mediterránea moderna. Hemos de considerar que dichos métodos se desarrollaron en un contexto agrícola menos intensivo donde la frecuencia de fertilización era baja, no había riego o éste era poco frecuente y deslocalizado. Nada que ver con invernaderos, cultivos hidropónicos, cultivos superintensivos, fertilización a la demanda...El concepto de disponible es muy distinto ahora. Por ello, aunque el análisis de suelo sigue teniendo gran importancia, sobre todo en cultivos extensivos, es necesario complementarlos con otros métodos más acordes a las demandas de la agricultura moderna.

Uno de los que más éxito ha tenido ha sido el estudio de la disolución del suelo. Si bien esta metodología se comenzó a probar mediante uso de lisímetros alrededor de 1920, su mayor uso se ha visto en los últimos 20 años. Contrariamente a los análisis de suelo, en este caso se asume que la fracción de elementos disponibles es aquella que está soluble en las mismas condiciones radiculares de la planta. Un cambio de concepto que pasa de elementos disponibles a medio largo plazo, a elementos disponibles a corto plazo. Este pequeño matiz resulta tremendamente útil en una hortofruticultura moderna, donde las fertilizaciones y riegos son mucho más especializados y ajustados a la demanda variable del cultivo. Esta metodología supone así un claro ejemplo de que los mayores avances sólo son efectivos en el momento adecuado.

El uso de sondas lisimétricas de succión se ha extendido por todo el mundo en diferentes modalidades. Una de las que más éxito ha tenido es la perteneciente al modelo de Seguimiento Nutricional. Esta interesante metodología incluye el análisis de diversas matrices para obtener una visión integral de la nutrición de un cultivo: análisis de agua, suelo, foliares de evolución dinámica, análisis de la disolución fertilizante de riego y una serie de lisímetros de succión dispuestas a distintas profundidades en el entorno radicular. Cada uno aporta una información específica que agrupados conforman uno de los mejores modelos integrales de interpretación y recomendación agrícola. El análisis de agua y suelo aportan un conocimiento del contexto general de la finca, permite identificar el potencial del cultivo y adoptar las mejores estrategias productivas. El análisis foliar dinámico muestra con gran precisión el estado nutricional de la planta en cada etapa fenológica. Y la solución fertilizante y lisímetros aportan visión sobre todas las posibles reacciones químicas que pueden explicar el estado del cultivo. Su valor radica en la integralidad, pudiendo enfocar un problema desde varios puntos de vista, dando con la solución más eficaz (Martínez 2010).

Un ejemplo que puede ilustrar el potencial de esta herramienta es en la identificación del origen de ciertas deficiencias de fósforo en hoja, corroboradas con análisis foliares. Un análisis integrado muestra que, en ocasiones, la aplicación de altas dosis de sulfato amónico, libera grandes cantidades de calcio del coloide del suelo por intercambio catiónico, el cual se une a especies fosfatadas solubles precipitando como fosfatos de calcio, imposibilitando la absorción de fósforo y creando así una deficiencia que es corroborada por una dinámica foliar descendente en fósforo y ascendente en calcio. La solución, por tanto, no pasa por el aporte de más fósforo, como se hubiera deducido en un enfoque más tradicional, ya que la cantidad de calcio extraída suele ser mucho mayor y la precipitación seguirá ocurriendo. Una acidificación del medio y control del intercambio catiónico modificando las dosis y tipos de fertilizante suele ser mucho más eficaz, sostenible y generalmente más económico.

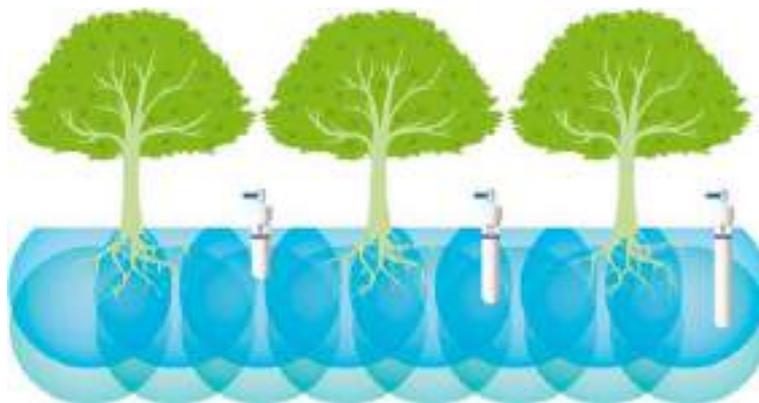


Figura 7. Esquema de instalación de lisímetros de succión a varias profundidades. *Fuente:* AGQ

Aparte de esta revolución en tecnología nutricional, también se han desarrollado otras técnicas que se enfocan en aspectos complementarios. Tal es el caso de las sondas de humedad que han permitido ajustar cada vez más los riegos, disciplina de vital importancia en una época donde la disponibilidad de agua es con frecuencia un factor limitante. La tecnología que usan ha evolucionado tremendamente, desde los bien conocidos tensiómetros, que miden la tensión con la que el suelo retiene el agua, los bloques de yeso, que miden la humedad según sus cambios en la resistencia eléctrica, las sondas resistivas y dieléctricas, que miden el cambio de las propiedades eléctricas del suelo como respuesta a diversas señales, o las sondas de neutrones, que miden la interacción entre los mismos y los átomos de hidrógeno del agua. Cada una tiene sus pros y contras, pero sin duda constituyen unas herramientas de gran utilidad ya que el riego se ha vuelto una práctica en ocasiones diaria.

Otra de las disciplinas que está cobrando gran importancia es el estudio de los microorganismos del suelo. Desde que se comenzó a entender la esencialidad de los elementos minerales, se ha puesto gran énfasis en la nutrición en base a ellos, dejando en parte en segundo plano otros componentes del suelo. Es cierto que siempre se ha valorado el papel de la materia orgánica, pero han sido pocos los estudios que han aclarado todas las reacciones microbianas que ocurren en ella. En los últimos años se han desarrollado toda una gama de productos en base a materias orgánicas sólidas y líquidas, cepas de microorganismos, inoculación de hongos formadores de micorrizas, compuestos de aminoácidos, ácidos carboxílicos, algunos de ellos con claros efectos beneficiosos para el cultivo. Sin embargo, la falta de conocimiento de un medio tan heterogéneo como es el suelo dificulta enormemente la comprensión de las reacciones orgánicas o microbiológicas que actúan tras ellos. Como resultado de esta necesidad, se han ido adaptando ciertos métodos analíticos, algunos enfocados a la comprensión de las fracciones de la materia orgánica, y otros hacia las relaciones entre la vida microscópica y las plantas. Uno de los más novedosos es la aplicación de la metagenómica al mundo agroalimentario. Esta técnica analiza la población microbiana de un suelo y otras matrices a través de los restos de material genético presentes en él. Permite obtener una visión general de un mundo hasta ahora poco conocido, resaltando las posibles relaciones existentes. La principal limitante se encuentra en el propio conocimiento agronómico que existe respecto a ellas. Bibliográficamente se puede llegar a conocer los roles teóricos de cada tipo de cepa bacteriana u hongo, pero su variedad es tan amplia y su ecosistema de aplicación tan variable que, con frecuencia, resulta complejo poder tomar acciones claras ante un resultado. No obstante, el surgimiento de ésta y otras tecnologías similares nos abre todo un mundo de posibilidades poco exploradas hasta el momento.

Todas estas tecnologías, aportan diariamente un conocimiento exhaustivo sobre determinados procesos de gran relevancia. Pero al estar basadas en muestreos o instalaciones en ciertos puntos de la finca de cultivo, adolecen de una visión espacial, por lo que la extrapolación de resultados es su principal limitante. Podríamos citar dos tecnologías surgidas en respuesta a esta necesidad. La visión satelital y el uso de drones. La primera surgió en la segunda mitad del siglo XX con el desarrollo de la tecnología espacial, aportando imágenes completas de grandes zonas agrícolas. Con el tiempo, se crearon diversos índices espectrales de posible uso práctico, como el NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada), se mejoró la resolución pasando de cientos de metros hasta píxeles de 1-5 metros y se aumentó la frecuencia de visualización hasta poder tener datos semanales de una misma finca. Esta tecnología evolucionó con la presencia de los drones con cámaras y sensores incorporados, capaces de hacer el mismo trabajo, pero con mucha mayor resolución, evitando interferencias atmosféricas y ampliando el alcance de su aplicabilidad. Sin embargo, la información aportada carece de la profundidad y rigurosidad de los métodos puntuales, por lo que generalmente se usan de modo complementario.

Existen hoy en día muchas otras tecnologías sobre las que podría escribirse ampliamente, como el uso del espectro infrarrojo cercano (NIR), los sensores de turgencia de hoja, análisis de flujo de savia, de diámetro de tronco, análisis de calidad de fruta, maquinaria con aplicación georreferenciada de fertilizantes, estaciones climáticas avanzadas, imágenes termales etc. Cada una puede aportar datos específicos sobre ciertos aspectos de importancia. Pero sin duda alguna, es la visión global de un cultivo lo que aporta el conocimiento suficiente para dirigirlo hacia el objetivo perseguido. Por ello, los modelos integradores en manos de equipos especializados son los únicos capaces de transformar datos en información de gran utilidad práctica.

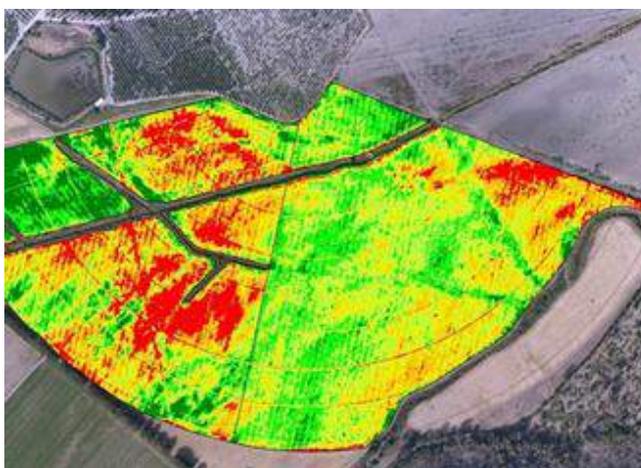


Figura 8. Ejemplo de imagen NDVI sobre una finca agrícola. Fuente:

<https://www.terramarket.cl/servicios-y-profesionales/agricultura-precisin-indice-de-vigor-mapa-de-vigrosidad-1051.html>

4. Tendencias y futuro de la industria agroalimentaria hortofrutícola

Con frecuencia se ha hablado de que el crecimiento de la población mundial es el motor que impulsa la agricultura. Pero esto es cierto solo en parte. Debemos entender que éste es un factor muy genérico que por sí mismo no explica las nuevas tendencias. El crecimiento poblacional es menos exponencial que hace 20 años y se da de manera desigual, centrándose en países menos desarrollados. Se estima también que cerca del 30% de la producción hortofrutícola mundial

acaba en la basura, perdiéndose en los campos de producción, transporte, cadenas de supermercados, canales Horeca (hoteles, restaurantes y catering) o en los propios domicilios de los consumidores. Aunque existe un alto nivel de hambruna en determinadas áreas, ésta se ve más afectada por situaciones socio económicas y políticas que por el impedimento de producir alimentos. Paradójicamente, en otras áreas hay serios problemas de obesidad. Por tanto, para intentar predecir el futuro de la agricultura debemos evaluar también otros factores.

Estamos inmersos en un proceso de globalización donde la fruta que se consume en un lugar proviene de zonas agrícolas a miles de kilómetros de distancia. Los tomates producidos en Murcia y Almería viajan por toda Europa, el aguacate mexicano llega hasta mercados asiáticos, los berries chilenos se consumen también en Estados Unidos de América. Existe toda una red comercial cada vez más amplia. Los mercados demandan más variedad de fruta y verduras y de forma continuada a lo largo del año. Esto impulsa la implantación de cultivos en zonas nuevas donde a priori jamás se había pensado hacerlo. Por ejemplo, el arándano, originario de zonas frías boscosas del norte de USA y Europa, se cultiva ahora en Agadir, al sur de Marruecos o en Emiratos Árabes Unidos, áreas principalmente desérticas.

Este proceso en aumento impulsa la industria en tres direcciones bien determinadas. En primer lugar, la distribución de tecnología y conocimiento agrícola cobra gran importancia ya que los procesos productivos deben enfrentarse ahora a condiciones que no siempre son las idóneas. Por otro lado, el transporte a mayores distancias no es inerte para la fruta. Ésta debe partir con unas características que permitan un producto final en buenas condiciones, por lo que la tecnología de calidad de fruta y poscosecha está también muy ligada al desarrollo actual. Por último, los mercados mantienen un estándar de calidad e inocuidad de sus productos, independientemente de donde procedan. Esto obliga a que se estandaricen ciertas certificaciones a nivel global, al mismo tiempo que se crean y actualizan otras.

Pero la inocuidad alimentaria no es sólo un proceso de normalización internacional, está también muy ligado con la sensibilización del consumidor a productos “sanos”, con toda la amplitud y ambigüedad que puede tener este término. Las distintas legislaciones están en continua renovación sustituyendo materias activas con cierto riesgo de peligrosidad por otras más eficaces en cuanto a dosis y actividad. La industria agrícola de fitosanitarios y, por tanto, las empresas productoras, deben generar nuevos productos y actualizar los planes de control casi anualmente.

Al mismo tiempo, cada día se revelan más evidencias de los impactos de distintas industrias sobre el ecosistema global. Se repiten con más frecuencia los periodos de sequía en zonas agrícolas, se agotan ciertos recursos hídricos, se utilizan zonas vírgenes para cultivos de grandes extensiones o se detectan claras evidencias de procesos de contaminación. Según la FAO, la industria agrícola es responsable de la tercera parte de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Todo ello está provocando un auge de la sostenibilidad en la industria agrícola. Tiene un alcance muy amplio y han surgido numerosos modelos productivos como cultivos orgánicos o ecológicos, de lucha integrada, biodinámicos, urbanos, pero inevitablemente, todos ellos van acompañados de un aumento en la tecnología agrícola. Ésta va dirigida hacia maximizar la producción por superficie para evitar invadir nuevas áreas, control de insumos fitosanitarios, nutricionales e hídricos que minimicen el impacto ambiental, o prácticas agrícolas que mantengan cultivos eficientes a largo plazo sin desmejorar el medio que lo sustenta.

La famosa frase de “*farm to fork*” (de la granja a la mesa), está implícita en las nuevas líneas estratégicas de la Comunidad Europea cuyos objetivos son:

- Tener un impacto ambiental neutro o positivo
- Ayudar a mitigar el cambio climático y a adaptarse a sus impactos
- Revertir la pérdida de biodiversidad
- Generalizar la inocuidad alimentaria, la nutrición y la salud pública, asegurándose de que todos tengan acceso a alimentos suficientes, inocuos, nutritivos y sostenibles.
- Preservar la asequibilidad de los alimentos al tiempo que se generan beneficios económicos más justos, se promueve la competitividad del sector y se favorece el comercio justo.

Si bien este proceso ya se venía observando en los últimos años, a partir de ahora surgirán toda una serie de legislaciones que definirán y regularán cada uno de los puntos. Los productores, los mercados y la industria agrícola auxiliar deberán adaptarse al nuevo cambio global. Las nuevas tecnologías agrícolas se harán cada vez más práctica y de uso común. Posiblemente serán multidisciplinares e integradoras, para poder observar la cadena agroalimentaria en toda su extensión. Se generarán multitud de datos que harán necesario la utilización de herramientas de Big Data para su análisis y transformación en información. Se incorporarán grandes cambios en la digitalización de procesos para que dicha información sea práctica, útil y accesible a cada usuario.

En definitiva, la industria agroalimentaria del futuro está llena de retos tecnológicos, y será dirigida hacia una mayor sostenibilidad global. Durante la evolución humana, cada generación se ha enfrentado a grandes cambios agrícolas, desde la aparición de los primeros cultivos primitivos, hasta la revolución verde. Nos toca ahora enfrentarnos al nuestro.

Bibliografía

- Cadahía, C (2008). La savia como índice de fertilización. Mundiprensa
- Columela, L. J. M.; Álvarez, J.M. (2008). Los doce libros de la agricultura que escribió en latín Lucio Junio Moderato Columela. Extramuros
- Martinez, E (2010). Sondas lisimétricas de succión como herramientas edáficas claves en métodos dinámicos de control y seguimiento del sistema suelo-planta-agua. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Madrid.
- Navarro, G (2000). Química agrícola. Evolución y concepto.
<https://www.um.es/documents/811811/13016255/Quimica+Agricola+Evolucion+y+concepto.pdf/1c673c81-a704-4789-acee-96548d8dda33>
- Noha, Y. (2015). Sapinas, de animales a dioses. Debate
- Sanz, M (2000). Valoración del diagnóstico nutricional DRIS y DOP a lo largo del ciclo vegetativo del melocotonero. ITEA 2000 Vol 96V, nº1, 7-18.



Peace of mind in food consumption

Empresa familiar de seguridad alimentaria: nuestro objetivo es asegurar que sólo entren alimentos seguros en el mercado.

Socio de confianza para el sector de la producción y de la comercialización.

Servicios de control/ supervisión a medida que consisten en estrategias de control innovadoras, presencia en las áreas de producción y servicios analíticos de última generación.

Especialista en fruta fresca y verduras – en todo el mundo y las 24 horas al día



 **Analytica**[®]
Alimentaria

Nuestro equipo se encarga de que usted pueda centrarse en su actividad con seguridad.

1.10. La industria ornamental – Árboles, arbustos y flor de corte

Vital García-España Serra

vital.garcia@dival.es

Escuela de Capataces Agrícolas de Catarroja, Diputación de Valencia

Índice

1. Evolución de las superficies de cultivo
2. Evolución de los mercados
3. Contribución de las diferentes comunidades autónomas a las exportaciones de España
 - 3.1. Exportación de plantas de exterior por CCAA
 - 3.2. Exportación de plantas de interior por CCAA
 - 3.3. Exportación de flor cortada por CCAA
 - 3.4. Resumen de las ventas españolas a países europeos
4. Principales destinos de la exportación
5. Evolución de las zonas de producción
6. Futuro del sector ornamental en España

Resumen

Han transcurrido 35 años desde la entrada de España en la Unión Europea, durante los cuales, todos los sectores productivos agrarios han experimentado grandes cambios. Los mercados se han ido transformando y los productores han tenido que adaptarse a las nuevas situaciones del mercado.

Quizá sea el sector de la planta ornamental y flor cortada los que han experimentado los cambios más grandes, tanto a nivel nacional como mundial.

La mejora de los transportes ha disminuido las distancias y abaratado sus costes. Esto ha favorecido el desarrollo de nuevas políticas globales a nivel mundial. Sin embargo, nuestros costes de producción aumentan continuamente, ya que todos los factores de producción también incrementan año a año.

Ello ha favorecido que muchas de las producciones se hayan desplazado a países en los que hace años era impensable realizarlas y hoy en día, estos países lideran la producción mundial, sobre todo gracias a unos costes de producción imposibles aquí y unos trasportes cada vez más asequibles. Esto ha hecho que los productores españoles tengan que reinventarse cada año para poder seguir creciendo y existiendo.

1. Panorama general

Esto ha afectado sobre todo a las producciones de flor cortada, dominadas hoy en día por Países Bajos (como comercializadora, sobre todo), Colombia, Kenia, Ecuador. Países de los que se importa flor cortada a unos costes con los que es muy difícil competir.

Muchas producciones de esquejes (geranios, Dipladenia, Hibiscus, etc.) también se desplazan a países africanos (Etiopía, Kenia, ...), llegando por avión a Holanda y Alemania donde son enraizados y comercializados.

También muchas producciones de planta en maceta se están desplazando actualmente a Grecia y Turquía.

La logística también ha cambiado los sistemas de comercialización. Los Países Bajos, a través de su cooperativa de productores, Royal Flora Holland, es el mayor comercializador de floricultura del mundo, con una facturación de más de 4.600 millones de €, comercializa plantas y flores de más de 44 países a cualquier lugar del mundo, llegando a atender incluso pedidos muy pequeños.

También las exigencias de los mercados centroeuropeos para con ciertas zonas de producción, obligan a realizar unos cultivos cada vez más respetuosos con el medio ambiente, legislando para que se realicen bajo sistemas de producciones basadas en medios biológicos, con menor consumo y más racional de fitosanitarios, fertilizantes y agua. En este sentido, el camino a recorrer en el futuro cercano, será cada vez más exigente para nosotros.

Han sido 35 años en los que el productor español ha tenido que adaptarse a estos cambios en exigencias del mercado y legislación, realizando las inversiones y mejoras necesarias en sus explotaciones, adaptando sus producciones, cultivando nuevas especies, adquiriendo nuevas tecnologías y adoptando nuevos sistemas de trabajo e instalaciones y, sobre todo, adaptándose a los nuevos sistemas de comercialización, cada vez más cortos e intensos.

Dentro de la horticultura, es el sector ornamental el que genera mayor riqueza por unidad de superficie cultivada y también el que requiere mayores inputs (destacando la mano de obra).

1. Evolución de las superficies de cultivo

La evolución que han experimentado los cultivos ornamentales en España ha sido muy grande a lo largo de estos 35 años, como se ve en la gráfica de la Figura 1, siendo muy diferente la flor cortada y la planta ornamental.

Según los datos del INE, entre 2003 y 2007 hubo una reducción de más del 27% en el número de explotaciones ornamentales en España, sin embargo, sólo hubo un descenso del 8% en la superficie de cultivo.

La evolución experimentada en la superficie destinada a la producción de planta ornamental ha crecido prácticamente de forma continua hasta 2014. Estando estabilizada desde 2015 alrededor de las 5.000 ha. Desde el año 2.000 a nuestros días, se ha más que duplicado la superficie de producción de planta ornamental.

Por el contrario, la superficie de flor cortada ha ido descendiendo año tras año, fruto de la entrada en el mercado de producciones provenientes de terceros países, como Países Bajos (que

es europeo, pero en flor cortada comercializa mayoritariamente producciones de países terceros), Kenia, Colombia, Ecuador. Países que, con unos costes de producción mucho menores, son capaces de colocar sus producciones en los mercados europeos desplazando las nuestras.

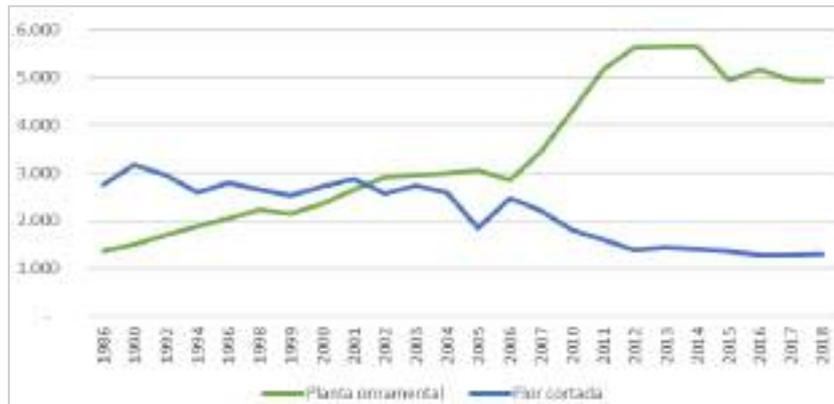


Figura 1. Evolución de la superficie de cultivo de ornamentales en España. Fuente: Anuarios del Ministerio de Agricultura

2. Evolución de los mercados

Cuando España entró en la UE, en 1985, pocas empresas centralizaban la exportación, dando salida a las producciones propias y las de viveros de menor tamaño. Con el cierre de algunas de ellas, otros viveros de menor tamaño empezaron a exportar y fueron desarrollando cada vez más las exportaciones.



Figura 2. Carga a granel de *Trachycarpus fortunei*

Con los periodos de crisis que sufrió España en 1996 a 1998, 2008 a 2013, el mercado nacional se vio seriamente afectado, haciendo que las empresas se orientasen cada vez más al mercado más estable y fiable que encuentran: la venta a países europeos y también a países terceros.

La situación de pandemia actual tuvo un fuerte impacto en el mercado interior por el confinamiento que sufrimos, imposibilitando totalmente cualquier opción de comercialización. Los daños fueron enormes. Sin embargo, la exportación se vio muy poco afectada.

1. Panorama general



Figura 3. Carga tradicional a granel

Como se observa en la gráfica de la Figura 4, las ventas a países de la UE tuvieron una primera etapa de incremento hasta 2001. Luego tuvieron un periodo en el que prácticamente se mantuvieron, entre 2000 y 2010. Es a partir de 2010 hasta la actualidad, cuando han crecido de forma sostenida llegando en este periodo, a superarse en más del doble las ventas. Lo que muestra de lo que se ha esforzado y especializado el sector ornamental para buscar mercados y aumentar su peso en el sector agrario.

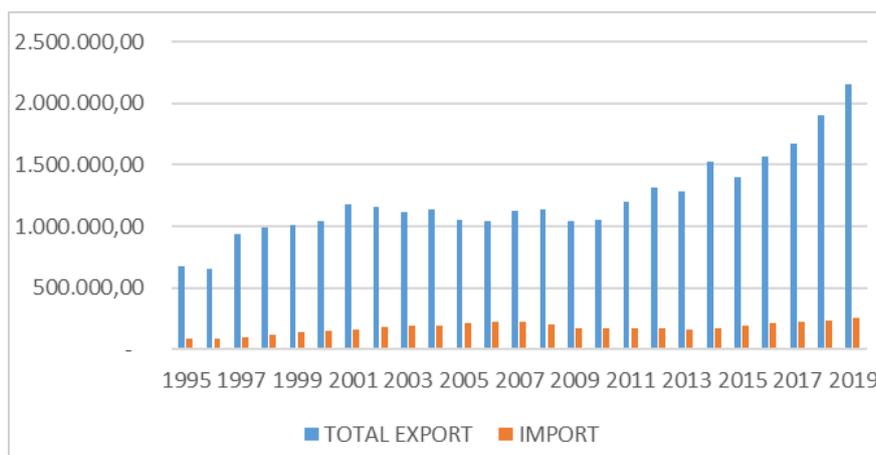


Figura 4. Exportaciones e importaciones (miles de €) de ornamentales entre 1995 y 2019. *Fuente:* DATACOMEX, elaboración propia

En la Tabla 1 se exponen los datos del gráfico anterior para su mejor comprensión. Muestra las ventas a países de la UE y a países terceros (fuera de la UE), así como el valor total (suma de ambas ventas) y el valor de las importaciones. La última columna corresponde al porcentaje que suponen estas importaciones frente al total de las ventas fuera de España.

En esta tabla de datos, se puede observar mejor que en el gráfico anterior, la evolución que ha tenido el mercado a lo largo de estos años. Especialmente a partir de 2011, momento en el que las producciones nacionales además de haber ido adquiriendo una mayor cuota de mercado exterior, también han crecido cubriendo las necesidades del mercado nacional, como refleja el valor del porcentaje de las importaciones respecto de las ventas, que a pesar del gran incremento que experimentan estas, desciende de nuevo al 12%, valores de 1995.

Tabla 1. Ventas a países de la UE y terceros y valor de las importaciones de planta ornamental desde 1995 hasta 2019. *Fuente:* DATACOMEX

Año	Ventas a países de la UE (miles de euros)	Ventas a terceros países (miles de euros)	Total ventas (miles de euros)	Importaciones (miles de euros)	%
1995	544.486,14	125.940,84	670.426,98	82.605,22	12%
1996	537.382,37	119.912,92	657.295,29	90.295,15	14%
1997	763.240,20	172.302,47	935.542,67	100.660,12	11%
1998	809.503,77	184.311,38	993.815,15	117.083,84	12%
1999	824.172,56	187.367,75	1.011.540,31	135.123,73	13%
2000	846.566,44	190.470,82	1.037.037,26	146.404,58	14%
2001	964.597,54	216.180,35	1.180.777,89	162.622,86	14%
2002	935.223,88	220.441,63	1.155.665,52	181.559,28	16%
2003	906.978,10	211.367,59	1.118.345,69	192.890,67	17%
2004	922.417,76	214.225,29	1.136.643,05	188.481,80	17%
2005	850.618,76	199.410,89	1.050.029,65	212.379,12	20%
2006	836.948,77	200.587,21	1.037.535,98	221.823,76	21%
2007	907.024,31	218.990,62	1.126.014,94	225.599,90	20%
2008	916.781,49	221.697,23	1.138.478,71	200.513,58	18%
2009	838.540,29	202.010,12	1.040.550,41	172.041,20	17%
2010	848.327,05	208.268,85	1.056.595,91	173.017,27	16%
2011	964.737,24	237.327,29	1.202.064,53	172.358,62	14%
2012	1.051.409,36	263.674,23	1.315.083,59	167.462,03	13%
2013	1.014.176,97	266.251,02	1.280.427,99	154.262,47	12%
2014	1.215.818,19	309.673,72	1.525.491,90	167.529,55	11%
2015	1.107.975,49	289.833,74	1.397.809,24	185.964,97	13%
2016	1.234.622,50	327.853,95	1.562.476,46	210.964,27	14%
2017	1.314.341,26	358.376,43	1.672.717,69	218.130,49	13%
2018	1.496.872,17	411.775,78	1.908.647,95	231.060,96	12%
2019	1.701.929,64	450.818,72	2.152.748,36	250.578,48	12%

3. Contribución de las diferentes comunidades autónomas a las exportaciones de España

El comportamiento de cada una de las comunidades autónomas españolas es muy diferente, tanto en la producción de flor cortada como en la producción de planta ornamental. Y como veremos, dentro de la producción de planta, también hay diferencias entre la producción de planta exterior y de planta de interior.

Las exportaciones de planta ornamental han seguido creciendo en los últimos años y las de flor cortada han aumentado muy suavemente.

3.1. Exportación de plantas de exterior por CCAA

El gráfico de la Figura 5 muestra la evolución de las exportaciones de planta de exterior en cada comunidad autónoma en los últimos años.

1. Panorama general



Figura 5. Exportaciones (en €) de plantas de exterior por CCAA desde el 2016 hasta el 2020

Como se puede ver, dos comunidades destacan en las exportaciones de planta de exterior, la Comunidad Valenciana y Andalucía. La primera lidera con diferencia las exportaciones de plantas de exterior y sigue aumentándolas año tras año.

Destaca en la gráfica la evolución de Andalucía, que ha experimentado un rápido incremento en estos últimos 5 años, pasando del cuarto al segundo lugar.

También es reseñable la evolución de Cataluña, que muestra desde 2017 una tendencia a la baja.

Las demás comunidades mantienen cifras estables a lo largo de los últimos cinco años, aunque la suma del resto de CCAA bajó en 2020.

En la Comunidad Valenciana destaca las producciones de adelfa, olivos, palmáceas y otros muchos arbustos (Figura 6).



Figura 6. Producción de adelfas en la Comunidad Valenciana

Andalucía destaca por la producción de Dipladenia (responsable de este rápido aumento) y también muchos tipos de arbustos y trepadoras (Figura 7).



Figura 7. Producción de Dipladenia

3.2. Exportación de plantas de interior por CCAA

La Figura 8 muestra la evolución de las exportaciones de plantas de interior en las distintas comunidades autónomas.



Figura 8. Exportaciones (€) de plantas de interior por Comunidades Autónomas durante los años 2016 a 2020. Datos: FEPEX. Elaboración propia

En las exportaciones de plantas de interior, destaca con diferencia Andalucía, que vende tanto como todo el resto de España junto. Su producción de planta de interior está aumentando.

Aunque las cifras de las exportaciones de planta de interior son considerablemente menores que las de planta de exterior, éstas son menos estacionales y podrían tener una cuota más importante de mercado de manera continua a lo largo del año.

Scheffleras, ficus, pothos, y demás planta verde en tamaños de maceta mayores de 20 cm son los adecuados para este mercado. Las ventas no serán tan grandes como las de primavera, pero sí serán continuas a lo largo de todos los meses del año (Figuras 9 y 10).

En 2020 la Comunidad Valenciana baja un poco sus ventas; desconozco el motivo de este descenso, quizá la pandemia haya tenido influencia en estas cifras.

Considero que este mercado tiene mucho recorrido todavía.

1. Panorama general



Figura 9. *Schefflera arboricola* "Gold Capella" en producción



Figura 10. *Epipremnum aureum* (Pothos) en producción

3.3. Exportación de flor cortada por CCAA

La Figura 11 muestra la evolución de las ventas de flor cortada en los últimos años.

Las cifras de ventas de flor cortada son bajas, como ya he comentado por la presión de terceros países con los que es imposible competir.

Destaca Andalucía frente al resto de comunidades autónomas.

El aumento de Castilla León que muestra la gráfica, se ha debido a una única empresa productora de rosas, que actualmente ya no existe (como productora de rosas), por lo que su producción ha vuelto a los niveles anteriores.

Las gráficas no muestran el efecto de la pandemia que estamos sufriendo, pero seguro que serán importantes para los productores de flor cortada. La pandemia ha hecho desaparecer en un primer momento los vuelos de pasajeros y actualmente son escasos. Estos vuelos eran el transporte habitual de la flor cortada.

Al no haber casi vuelos de pasajeros, la oferta de flor cortada de países africanos y suramericanos es escasa, lo que ha hecho subir al 50% el precio de la flor cortada, especialmente de las rosas, lo que está dando oportunidades a los productores de flor cortada. Esta situación ha hecho que muchas de las empresas africanas y suramericanas hayan cerrado, manteniéndose sólo las más fuertes, por lo que la oferta tardará en recuperarse, habiendo un nicho de oportunidad cuya duración será una incógnita y dependerá de la recuperación de los vuelos internacionales a los niveles anteriores.

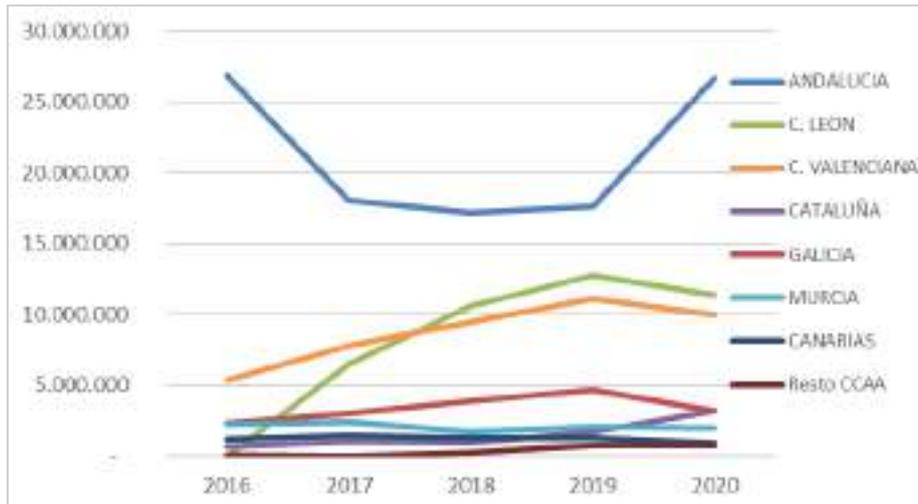


Figura 11. Evolución de la exportación de flor cortada por CCAA (€) desde el 2016 hasta el 2020. Fuente: FEPEX, elaboración propia

3.4. Resumen de las ventas españolas a países europeos

El siguiente gráfico muestra las cifras conjuntas de la exportación de planta de interior y exterior (Figura 12).

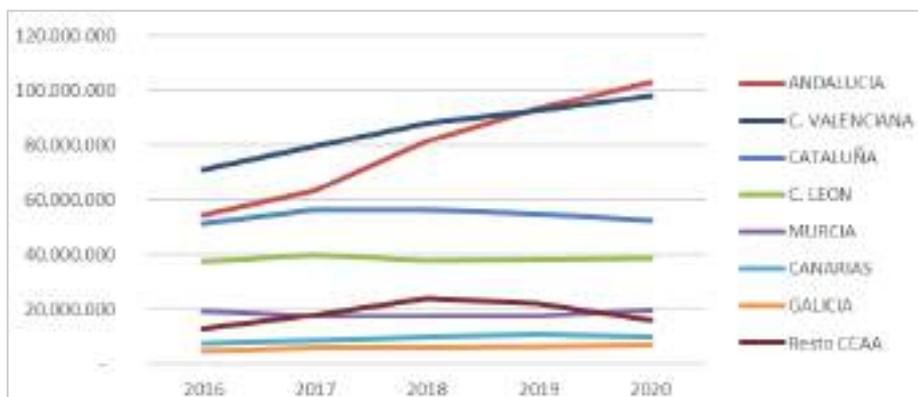


Figura 12. Evolución de la exportación de planta viva por CCAA entre el 2016 y 2020. Fuente: FEPEX, elaboración propia

Como hemos visto, los datos de exportación varían mucho de unas a otras comunidades.

Las responsables de duplicar las cifras de exportación nacionales en la última década son Andalucía y la Comunidad Valenciana.

Andalucía y la Comunidad Valenciana son las únicas comunidades en las que se han incrementado año tras año las exportaciones de planta ornamental, tanto de interior

1. Panorama general

(Andalucía) como de exterior (en ambas). Gran parte del aumento que ha habido en Andalucía, ha sido por la producción de Dipladenia, siendo Almería la provincia responsable de este aumento.

Las demás comunidades autónomas, en los últimos 4-5 años, tienen más o menos estabilizadas sus exportaciones.

Aparentemente, a tenor de las cifras, la pandemia no ha tenido incidencia en las exportaciones, al menos en los grandes números parece que no ha influido. Aunque puntualmente sí ha habido alguna producción cuya venta se ha visto reducida.

La pandemia sí ha afectado al mercado interior y de manera muy seria. Durante el primer confinamiento tan sólo las empresas que hicieron venta online consiguieron alguna venta, que evidentemente fue poco más que simbólica.

4. Principales destinos de la exportación

La Figura 13 muestra las ventas a los seis principales países europeos realizadas por España.

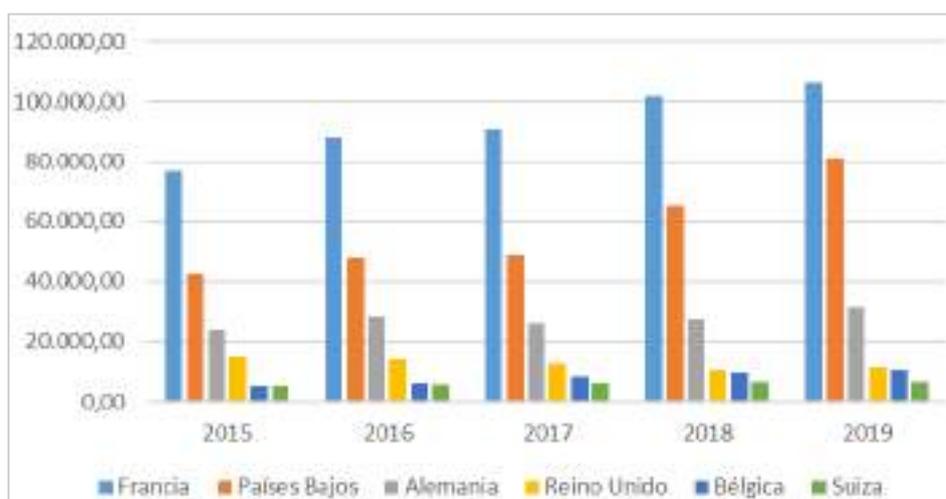


Figura 13. Principales destinos europeos de la exportación española de ornamentales entre 2016-2019.

Fuente: DATACOMEX, elaboración propia

Francia siempre ha sido nuestro principal mercado, aunque los Países Bajos muestran su eficacia comercializadora y se han ido acercando estos últimos años. Dinamarca, Austria, Polonia y la República Checa serían los que siguen a la lista de los seis primeros, pero con valores menores.

Los canales de comercialización son cada vez mejores y eso también ha facilitado que las ventas a terceros países (extracomunitarios) hayan aumentado año tras año.

Las exportaciones a países terceros, han tenido una evolución similar a la de las ventas a la UE (Figura 14).

Se aprecia un primer periodo de crecimiento entre 1995 y 2001; hasta 2010 pocas oscilaciones y a partir de 2010 se dispara a más del doble hasta nuestros días.

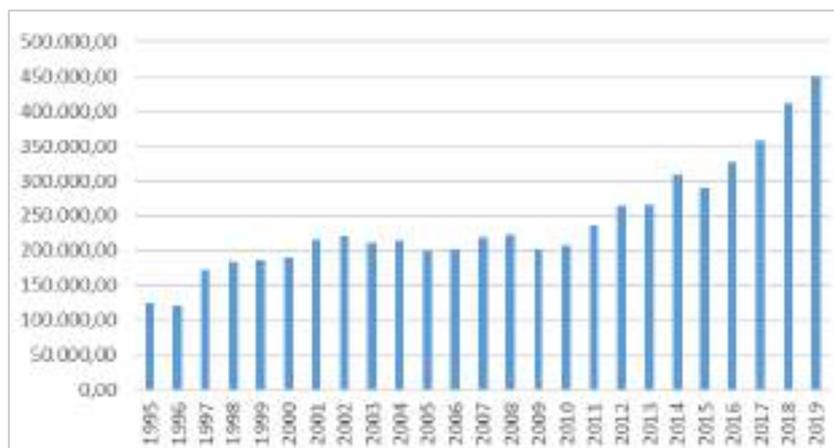


Figura 14. Principales destinos no europeos de la exportación (miles de €) española de ornamentales entre 2016-2019. Fuente: DATACOMEX, elaboración propia

5. Evolución de las zonas de producción

A lo largo de estos años, España se ha consolidado como un gran productor de planta ornamental, destacando sobre todo en la producción de planta exterior.

Luchamos en unos mercados europeos que cada vez más exigentes con sus productores internos, a los que se les exige menores consumos de agua, de fertilizantes, de fitosanitarios, de energía, que sean más ecológicos y tenemos unos costes que crecen continuamente, siendo la mano de obra nuestro principal coste.

Hace muchos años, sobre el año 2005, recuerdo haber hablado en una feria de Holanda con el director de una explotación de rosa cortada en Kenia, que no era capaz de cuantificar el coste que suponía la mano de obra de su explotación.

Estos dos últimos párrafos reflejan la realidad del mercado a la que se enfrentan los productores españoles (y europeos). Debemos tener claro, que el único motivo por el que siguen existiendo productores de planta ornamental en maceta es España, es porque el transporte no es viable desde estos países africanos.

6. Futuro del sector ornamental en España

Mucho se ha escrito sobre este tema y nadie tiene una bola de cristal para decir qué es lo adecuado, pero en estos momentos y bajo mi punto de vista, si se ven ciertas situaciones a mejorar.

Vivimos en un mundo globalizado que exige preparación, tanto a nivel de producción como a nivel de gestión de la empresa. Mejorar la formación de los productores, tanto técnicamente, como empresarialmente y comercialmente, es fundamental. Hoy en día sólo el trabajo y el esfuerzo no garantizan el éxito; además hace falta formación.

Tener conocimiento de los mercados es fundamental; esto nos permitirá detectar oportunidades sobre las que desarrollar nuestras producciones.

1. Panorama general



Figura 15. Camión cargándose con el sistema de carros CC

La comercialización exige cada vez más una mayor concentración en las fechas de entrega y un aumento en los volúmenes, lo que demanda unas instalaciones dimensionadas para hacer frente a estos requisitos (Figura 16). El servicio es fundamental.



Figura 16. Disponer de instalaciones y tener capacidad de volúmenes de carga grandes es fundamental en la exportación

Para las empresas productoras con suficiente capacidad, el futuro pasa por relaciones directas con el cliente final (supermercado, cadenas de gardens, centrales de compras, etc.). La confianza es básica.

Cuando uno no posee suficiente capacidad, hay que agrupar la oferta, creando estructuras comerciales que permitan trabajar directamente con los grandes clientes europeos. Este punto es el más complicado: ser capaz de olvidarse de los individualismos y trabajar en grupo.

En la planta, como en todo, funcionan las zonas de producción y hay que desarrollarlas. La venta de cualquier planta, ayudará a la venta de otras plantas en la misma zona, saliendo todos beneficiados.



Figura 17. Carga de adelfas en carros CC

Es importante que los intermediarios proporcionen planta de calidad a los clientes, que se preocupen de ofrecer planta buena y no solo valoren los precios, lo que les permitirá ganar más dinero. Pero ofertar planta de peor calidad, a la larga perjudicará a todos, productos, productores y a ellos también cuando bajen las ventas.

Romper la estacionalidad de las ventas, prácticamente restringidas a primavera y algo en septiembre y octubre. Como ya he comentado, una manera sería disponer de planta de interior en la oferta, que es menos estacional y serviría para crear continuidad en las ventas a lo largo del año.

Estas observaciones que todos sabemos, no son nada fáciles de llevar a la práctica, pero en la medida en que las vayamos aplicando, mejorarán los resultados del sector de la planta ornamental.

Bibliografía

Federación Española De Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas Vivas (FEPEX) (2021). [http:// www.fepex.es/publico/portada/Portada.aspx](http://www.fepex.es/publico/portada/Portada.aspx)
Acceso: junio 2021

Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX) (2021). Estadísticas españolas de comercio exterior. Varios años. Disponible en: <http://www.icex.es> Acceso: junio 2021

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo: DATACOMEX (2021). <https://datacomex.comercio.es/> Acceso: junio 2021

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021) <https://www.mapa.gob.es> Acceso: junio 2021

Roca, D.; Fernandez-Zamudio, M.A. (2014). Evolución y retos futuros del sector ornamental

Orvifrusa - Cultivamos vida desde 1973

Vivero especializado en la producción de frutales, planta ornamental y rosales



ORVIFRUSA es una empresa consolidada a nivel nacional e internacional como vivero productor de planta, proveedor de mayoristas para jardinería, obra pública y privada, viveros, centros de jardinería, grandes cadenas de distribución, etc.

50 años cultivando vida

Orvifrusa produce más de 250 tipos de plantas, con gran flexibilidad en formatos y presentaciones, atendiendo a las tendencias del mercado.

De sus orígenes, como empresa en sociedad, Orvifrusa ha evolucionado a empresa familiar, iniciada por **Tomás Ferrer Ortiz**. Actualmente, miembros de la segunda generación ocupan puestos clave en la empresa, aportando también su experiencia

Casi cinco décadas de trabajo y vocación han convertido a **ORVIFRUSA** en líder del mercado nacional en la producción de planta ornamental y frutal, con una dimensión internacional. Exporta más del 70% de la producción, lo que supone más de 2.600.000 plantas anuales.

al sector de la planta ornamental. El director comercial de Orvifrusa es Presidente de la prestigiosa feria Iberflora.

Los valores en los que se sustenta la empresa - trabajo, el esfuerzo, investigación, tradición, experiencia y calidad -, adquieren especial sentido. El servicio al cliente y la singularidad del producto vivo con que trabaja, requieren de una gran sensibilidad.

Calidad certificada

La calidad del producto se inicia desde los más estrictos controles de calidad durante el proceso de producción y continúa en la atención a la presentación y embalaje del producto para que llegue a los puntos de venta en el mejor estado de conservación, presentada de la manera más atractiva y con

Un equipo dedicado al servicio al cliente

En Orvifrusa los equipos de dirección, administración y producción gestionados por miembros de la familia Ferrer, forman un colectivo humano que aunando todos sus esfuerzos en una constante evolución, atienden las necesidades actuales y futuras

Productos destacados

Entre las 250 especies se encuentran frutales, arbustos mediterráneos, trepadoras, palmáceas y rosales.

Frutales: Frutales a raíz, Frutales en contenedor, Frutales acondicionados, Frutales enanos, Frutales semiejemplares, Cítricos, etc.

Ornamentales: Euonymus, Laurus nobilis, Nerium oleander, Aromaticas, plantas trepadoras variadas, arbustos mediterráneos variados, etc.

información útil para el consumidor final, asegurando de esta manera la satisfacción de todos los clientes.

Orvifrusa cuenta con las más prestigiosas certificaciones internacionales, MPS, Global G.A.P. y Plant Passport.

de sus clientes. **Donis Ferrer Alba** es Director de Logística, **Jorge Ferrer Alba** es Director de Producción, **Raúl Ferrer Alba** es Director comercial, y **Lola Ferrer Ortiz** es Secretaria de Servicio Comercial Nacional.

Palmáceas: Butia capitata, Chamaerops humilis, Cyca, Trachycarpus fortunei, Phoenix, Yucca, Washingtonia, etc.

Cítricos: Limonero, Mandarino, Naranja, Pomelo, Lima, Limequat, Kumquat, etc.

Arbolado: Abizia, Celtis, Ceratonia, Cercis, Hibiscus, Jacaranda, Mimosa, Morus, Nerium, Olivo, Prunus cerassifera, Quercus, etc.

Rosales: Rosal Bajo, Rosal copa, Rosal trepador, Rosal acondicionado, etc.



78 hectáreas produciendo plantas

Orvifrusa posee cinco fincas productivas en las provincias de Valencia y Badajoz, que cuentan con 780.000 m² de superficie cultivada e incluyen 695.000 m² de cultivo al aire libre, 80.000 m² de cultivo protegido y 5.500 m² de almacenes. Gracias a ello, la empresa cultiva más de 250 especies de plantas en distintos formatos y alcanza las más de 2.600.000 unidades producidas anualmente.

Los centros de producción evolucionan constantemente, introduciendo y aplicando las últimas técnicas de cultivo para seguir favoreciendo el equilibrio de la planta y la adaptación a todos los ecosistemas de su destino final. Garantizar los criterios de calidad y la demanda del cliente son las prioridades que rigen esta evolución. Los centros de producción evolucionan

constantemente, introduciendo y aplicando las últimas técnicas de cultivo para seguir favoreciendo el equilibrio de la planta y la adaptación a todos los ecosistemas de su destino final. Garantizar los criterios de calidad y la demanda del cliente son las prioridades que rigen esta evolución.



ORVIFRUSA. ORNAMENTALES, FRUTALES Y VIDES S.A.

Vivero central

Partida Rosafina, s/n - Polígono 20

46370 CHIVA (VALENCIA)-ESPAÑA

Tel.: +34-961 804 210

informacion@orvifrusa.com

<https://orvifrusa.com/>

1.11. Variedades de ornamentales

Manolo Ruiz

Manolo.ruiz@sakata.eu

Sakata Ornamentals Europe

Índice

1. Introducción
2. Importancia de las variedades de ornamentales
3. Origen de las variedades y los eslabones de la industria ornamental
4. La jardinería municipal
5. La importancia de la luz
6. Temperatura para la producción
7. Fotosíntesis
 - 7.1. Calidad de la luz
 - 7.2. Intensidad de la luz
 - 7.3. Temperatura para la fotosíntesis
 - 7.4. Dióxido de carbono
8. Inducción floral
 - 8.1. Juventud
 - 8.2. Fotoperiodo (duración del día)
 - 8.3. Intensidad de luz
 - 8.4. Temperatura para la inducción floral
 - 8.5. Ejemplos de algunas especies según respuesta a longitud del día
9. Conceptos y fundamentos elementales en la producción
 - 9.1. pH y alcalinidad
 - 9.2. Puntos importantes para tener en cuenta
 - 9.3. ¿Por qué el sustrato es tan importante?
 - 9.4. Diferentes tipos de sustratos
 - 9.5. Fertilizantes
 - 9.6. Análisis de los fertilizantes
 - 9.7. ¿Cuáles son los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas?
 - 9.8. Papel que desempeñan los elementos en las plantas

Resumen

Las variedades ornamentales es un mundo verdaderamente apasionante del que nunca se termina de aprender y del que te engancha y te sigue enamorando. En las próximas líneas he

intentado combinar una literatura de fácil lectura que atraiga y conquiste al lector con información más técnica y específica para la producción de plantas, introduciendo conceptos esenciales. Ojalá que tras la lectura de este capítulo haya conseguido el objetivo de consolidar y/o aumentar el amor de todos hacia las variedades de ornamentales y para aquellos que aún no hayan experimentado y disfrutado de este apasionante mundo lo hagan desde ahora.

1. Introducción

El mundo de las variedades ornamentales es realmente enriquecedor. Me he pasado los últimos 21 años de mi vida estudiándolas, conociéndolas y, por supuesto, disfrutándolas. Voy a tratar de compartir mi experiencia con ellas en las próximas líneas.

Flor es sinónimo de color y por ende de felicidad. Los vegetales alimentan nuestro cuerpo y las plantas y flores nuestra alma. La frase no es mía, pero ilustra perfectamente la importancia de las flores y plantas, así como los beneficios emocionales que nos aportan. Cuando estoy escribiendo este artículo es 5 de diciembre de 2020 en plena segunda ola de una pandemia que ha cambiado muchos de nuestros hábitos de vida. El pasado mes de marzo se decretaba en España el Estado de alarma y como consecuencia de ello todos los puntos de venta de planta y flor quedaron cerrados. Todo el sector se enfrentaba a una verdadera catástrofe económica ya que después de meses de trabajo para producir esa planta o ese tallo de flor no encontraría más destino que el contenedor de basura más cercano. Pérdidas económicas elevadísimas, incertidumbre y por otro lado millones de personas confinadas en sus casas sin tener la posibilidad de que ninguna planta o flor alimentasen sus almas. Fueron momentos muy duros las pérdidas económicas siguen ahí, pero al menos la incertidumbre se ha disipado ya que fue en el justo momento que reabrieron los centros de jardinería, floristerías, etc. cuando el consumidor se volcó en masa comprando algo que había estado añorando durante semanas. La flor, el color, la felicidad... Alimentábamos nuestro cuerpo, pero no nuestra alma.

Esta nueva realidad ha sucedido en todo el mundo y la gente independientemente del tamaño de vivienda siempre tenía algún rincón para un ramo de flores y/o unas macetas de plantas. Todo esto está pasando en estos momentos cuando la campaña de la Flor de Pascua o Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) marcha a un ritmo de ventas nunca visto que hacen que las previsiones de ventas para la próxima campaña de primavera sean realmente buenas. Confiemos se confirme y también el de un nuevo segmento de población más joven que compra planta y flor, imprescindible para consolidar el futuro de nuestro sector.

Los ayuntamientos y demás jardinería de gran extensión juegan un papel fundamental en el sector de la planta de flor. **Está demostrado estadísticamente que cuanta más inversión en planta de flor más aprobación de la ciudadanía al equipo de gobierno.** Lógico y normal que los ciudadanos quieran ver su pueblo o ciudad llenos de luz y color además de generar una cultura de amor a las plantas que no olvidemos son también seres vivos.

Pero no nos engañemos; tenemos mucho camino por recorrer en cultura de planta y flor en comparación con países de nuestro entorno. Yo animo a todos los que lean este texto a que experimenten el fabuloso mundo de la jardinería. Les aseguro es adictivo. Como dije antes, no es necesario vivir en una gran casa con un inmenso jardín para disfrutar de las plantas. Viendo

como crece una planta y aprender cuándo regar mucho, cuándo poco, qué plantas son mejores para sol cuáles para sombra. Qué sustrato va bien para unas y para otras, abonos, podas, etc.

Además, tanto flores como plantas son un magnífico regalo en cualquier ocasión. Al fin y al cabo, estamos regalando vida y felicidad.

Es interesante considerar cómo ha evolucionado la producción de plantas y el sector de variedades ornamentales en general en los últimos 25 años. Podíamos decir que, en casi todos los niveles, producción, comercialización, introducción de nuevas variedades, hábitos de consumo y usos, han ocurrido cambios significativos.

También empezamos a notar una tipología de consumidor de plantas más joven al que el confinamiento le ha hecho descubrir este maravilloso mundo, sin duda una buena noticia para nuestro sector.

A nivel producción una evolución importante ha sido el abandonar la germinación de semillas por la de la compra de **plantel producida por las empresas especializadas**. Germinar semillas requiere un equipamiento técnico que añade otro proceso de producción diferente al propio de acabado de la planta.

También otra clara evolución ha sido el **auge de variedades provenientes de esqueje** (multiplicación vegetativa) que en algunas variedades aportan un plus extra de calidad al productor final con respecto a su variedad análoga en semilla.

Vemos también como prácticamente se ha generalizado por parte de las empresas productoras de plantel de semilla el uso de **variedades híbridas F1** y en las empresas enraizadoras de esqueje el uso de **variedades protegidas** aun teniendo que pagar el royalty respectivo a la empresa obtentora ya que la calidad genética en el resultado final de la planta marca la diferencia con respecto a variedades libres no protegidas.

A nivel comercialización hemos visto también cada vez más la **presencia de plantas en los lineales de los supermercados** y no solo en mercadillos o centros de jardinería, y la emergencia de la venta de planta en las tiendas multiproducto de asiáticos, inmigrantes chinos generalmente.

En cuanto a hábitos de consumo hemos observado también un **aumento en el consumo privado de plantas motivados por el boom de las casas adosadas** las cuales siempre tienen un pequeño espacio sea arriate o pequeño macizo donde poder plantar variedades ornamentales de temporada.

Otro elemento que ha evolucionado claramente ha sido el **avance de los estándares de calidad** en las plantas para atender al consumidor. Éste demanda una calidad alta de planta terminada lo que se ha traducido en la casi obligación por parte del productor de satisfacer esta demanda elevando la calidad de su oferta al mercado.

2. Importancia de las variedades de ornamentales

Después de hecha esta primera introducción general, toca entender la importancia de las variedades ornamentales.

Desde el punto de vista técnico hay que decir que este mundo es un poco complejo. Miles de especies y cada una con sus características de floración, hábitos de temperatura, luz, etc.

Como Variedades ornamentales también podríamos incluir las de flor cortada, aunque no sea propiamente una de ellas. Básicamente ya tendríamos la primera diferenciación entre variedades ornamentales. **Plantas que adquirimos en macetas o tallos proveniente de una planta que compramos** en forma de ramos de flores. Ambos evidentemente necesitan de un mantenimiento. El ramo de flor necesitará que cambiemos el agua de nuestro jarrón cada 3-4 días cortando aproximadamente 1 centímetro de los tallos antes cada vez realizamos esta operación. Con ello nos aseguraremos nuestras flores aguanten frescas mucho más tiempo.

En cuanto a las plantas que compramos en maceta podemos hacer 2 categorías. Las que dejamos en la maceta y las que plantamos en el jardín. Así dicho suena una obviedad, pero os diré que si bien todas las plantas son susceptibles de permanecer en la misma maceta la realidad es que una gran parte de ellas su hábitat natural de crecimiento sería el jardín por lo que necesitarían ser plantadas. Ejemplo de plantas de flor de maceta serían *Gerbera*, *Kalanchoe* o *Cyclamen*. Por otro lado, ejemplos de plantas de jardín serían: *Pensamientos*, *Petunias*, *Begonias*, *Primulas*, *Vincas*, etc. aquí la verdad el abanico es mucho más amplio.

Curiosamente **en la jardinería municipal en los últimos años se ha popularizado mucho el uso de especies que aun siendo claramente de maceta las vemos todos los años plantadas en nuestros municipios, como *Poinsettia* y *Cyclamen***. Con una muy corta vida de la primera (solo las 2-3 semanas de Navidad) y bastante más vida el segundo caso que se prolonga desde enero hasta marzo como rotación invernal previo a las plantaciones de primavera que se realizan en los meses de abril y mayo. Después volveremos más específicamente a las variedades ornamentales para jardinería pública.

3. Origen de las variedades y los eslabones de la industria ornamental

Creo es necesario en este punto comprender bien el origen de las variedades, el inicio de la cadena y los distintos eslabones de esta. Intentaré explicarlo brevemente.

Como bien sabemos todas las plantas anuales de flor se encuentran en la naturaleza en su estado nativo. Después, han sido las empresas obtentoras de nuevas variedades las que han mejorado estas especies por medio de cruzamientos buscando los caracteres deseados. En otras palabras, **simplemente se ha acelerado el proceso de selección natural por medios de la mejora genética** que no de la ingeniería o manipulación genética. En estos momentos las empresas obtentoras han conseguido incluso nuevas especies por métodos tradicionales de mejora cruzando dos especies distintas dando así un híbrido interespecífico. Ejemplo: cruzando dos especies como *Petunia* spp y *Calibrachoa* spp la empresa **Sakata Seed Corporation** ha creado una especie nueva llamada *Petchoa* que evidentemente posee las características de sus parentales. *Petchoa BeautiCal* (que así se denomina la marca comercial) es capaz de mantener la floración todo el verano, a pleno sol y con temperaturas por encima de 40 °C algo impensable en una *Petunia* y que es posible gracias al aporte del parental *Calibrachoa* y por otro lado también es capaz de crecer y florecer con temperaturas relativamente bajas (por debajo de 12 °C) gracias a su parental *Petunia* algo también impensable en una *Calibrachoa*.

Bien, pero centrémonos entonces. Ya tenemos en el **primer eslabón de la cadena: las empresas de mejora de variedades** que las comercializaran en forma de semilla o esqueje. En un **segundo eslabón estarían las empresas que yo llamo enraizadoras** puesto que su papel no es otro que el de producir una pequeña planta enraizada llamada plantel (germinando las semillas en bandejas de alveolos) o bien esqueje enraizado (pinchando los esquejes desnudos o cuttings en bandejas de alveolos con sustrato) (Figura 1). Una vez que tenemos las bandejas de planteles o esquejes enraizadas entraría en juego **el tercer eslabón en la cadena que serían los productores de planta terminada**. Estos trasplantarán en macetas de diversos tamaños desde 10,5 cm hasta tarrinas de 21 cm o incluso contenedores más grandes según la especie y las cultivarán hasta el final de su ciclo. A partir de este momento los productores venderán su producto terminado a los centros de jardinería, supermercados, mercadillos o floristerías, bien ellos directamente o a través de cooperativas o empresas mayoristas y así el consumidor final podrá ir para adquirir las plantas y disfrutarlas en su casa, patio, balcón o jardín.



Figura 1. Planteles de semilla en bandeja recién germinadas. Foto de Viveros Pereira

4. La jardinería municipal

Me gustaría ahora volver al asunto de la jardinería municipal. Una gran parte de mi tiempo profesional lo he dedicado a esta parte especialmente en los últimos 10 años.

La cantidad de unidades y variedades de planta de flor empleada por los ayuntamientos ha aumentado de manera importante en los últimos años. Evidentemente no todos los municipios por igual, pero **ciudades con muchos habitantes y gran cantidad de parques y/o ciudades donde el turismo juega un papel fundamental incluso en los tiempos actuales de Covid la importancia de la jardinería y el presupuesto dedicado a ella es verdaderamente remarcable.**

Por tanto, el papel de las variedades ornamentales en la Jardinería de los ayuntamientos es muy importante. Proporcionan **colorido a las ciudades y no solo en primavera y verano sino también en las estaciones de otoño e invierno donde los días son cortos y la falta de luz se puede contrarrestar con el colorido de las plantas de flor.**

Dentro de las variedades ornamentales de jardín tenemos **especies indicadas para otoño e invierno** donde podemos destacar los *Pensamientos*, *Violas*, *Primulas*, *Calendulas*, *Bellis*, *Ranunculus*, *Anémonas* o *Cyclámenes*. Son especies más adaptadas a temperaturas bajas y que

1. Panorama general

resistirán bien en los macizos y parterres hasta los meses de marzo y abril (según la latitud y proximidad a la costa donde nos encontremos).

Para **plantaciones de finales de invierno y primavera** tenemos una gran variedad de especies de plantas de flor como, por ejemplo: *Petunias*, *Geranios*, *Vincas*, *Begonia hybrida*, *Begonia semperflorens*, *Zinnias hybridas*, *Impatiens SunPatiens*, *Impatiens walleriana*, *Chrysantemum palodosum*, *Celosias*, *Salvias*, *Tagetes*, etc. La elección de ellas dependerá si la **exposición** es pleno sol, plena sombra o semi-sombra aunque bien es cierto que hay especies que funcionan bien en todas las exposiciones como *Begonias* y *SunPatiens*. En los últimos años otro criterio de elección de la especie es el relativo al mantenimiento. Es decir, cada vez más los técnicos municipales y técnicos de las empresas de mantenimiento se decantan más por especies que requieran **bajo mantenimiento** y que ofrezcan un gran rendimiento tanto en capacidad de floración como en tiempo. En este sentido una capacidad interesante es lo que se denominan **flores auto limpiantes** es decir la flor se desprenderá de la planta por sí sola (sin necesidad de quitarlas manualmente) y nuevas flores ocuparan su lugar. Otra característica importante que deben tener estas plantas es la **capacidad de resistir altas temperaturas de pleno verano** bajo una exposición directa del sol para de esta manera conseguir que superen la temporada estival en plena forma y manteniendo el colorido en los parques y jardines. En este sentido existe una especie que ha revolucionado la jardinería en los últimos 10 años, cumple perfectamente todos los requisitos mencionados anteriormente y que cambia la manera que teníamos hasta ahora de entender la jardinería ya que nos aporta unas características absolutamente impensables hasta la fecha. En este caso es una obtención de la empresa Japonesa **Sakata Seed Corporation** que sorprendió a todos hace ahora unos 10 años con la obtención de un nuevo híbrido de *Impatiens Nueva Guinea* para pleno sol y calor. Su nombre, **SunPatiens®** (Figura 2).



Figura 2. *SunPatiens®* en el Jardín del Capricho (Madrid). Septiembre 2020

Uno de los grandes caballos de batalla para el paisajista residía en elegir una especie ornamental que proporcionara volumen, floración y colorido a pleno sol, con las altas temperaturas de primavera y verano.

SunPatiens®, es fruto de la multihibridación en la que Sakata ha empleado años de investigación y ensayos. Tiene una extraordinaria resistencia a condiciones de alta temperatura y sol directo. Estas condiciones son muy habituales en la mayor parte de nuestro país a finales de primavera y principios de verano, justo cuando los parques, jardines y rotondas de nuestros pueblos y ciudades están llenos de plantas. Mientras que la mayoría de las especies no resisten mucho tiempo las altas temperaturas y la exposición directa al sol, *SunPatiens®* no sólo resiste estas

condiciones, sino que la floración es, si cabe, más espectacular. La extraordinaria versatilidad es lo que hace a *SunPatiens*[®] tan interesante, ya que se desarrolla perfectamente tanto a pleno sol como en sombra. En condiciones normales disfrutaremos de *SunPatiens*[®] desde primavera hasta las primeras heladas de noviembre y diciembre. El mantenimiento en jardín es prácticamente cero. Regar y poco más. No hay que limpiar flores (floración continua) y sin presencia de malas hierbas ya que, al no pasar la luz, estas no proliferan.

Vuelvo a incidir en el mantenimiento en este caso previo a la plantación como factor clave en el éxito de las variedades de flor en los jardines. Debemos preparar bien la tierra, aireándola e incorporando materia orgánica (si es preciso) ya que además del aporte de nutrientes mejorará la estructura del suelo. También, la aireación facilitará el establecimiento de las raíces que junto a riegos muy frecuentes durante las 2-3 primeras semanas después de la plantación serán la clave del éxito y el rendimiento de las plantas los meses posteriores.

5. La importancia de la luz

Querría volver de nuevo a incidir sobre el comportamiento de las diferentes variedades ornamentales en función de su respuesta a la luz. Podríamos diferenciar **cuatro tipos de plantas**: plantas día largo facultativo, plantas día largo obligatorio, plantas día corto facultativo y plantas de día corto obligatorio. Las primeras necesitan condiciones de día largo para florecer, aunque no es necesaria sean más de 12 horas de luz al día, es decir más tarde o más temprano florecerán (ej. *Petunias*). Las segundas obligatoriamente necesitan día largo estricto de lo contrario nunca florecerán y solo vegetarán (ej. *Hibiscus moschetus*). Las terceras florecerán en día corto, aunque sin ser necesariamente estricto, es decir en día largo florecerán también, aunque más tardíamente (ej. *Zinnia hybrida*). Las cuartas por el contrario necesitan estrictamente día corto para florecer (ej. *Poinsettia* o *Flor de Pascua*, *Kalanchoe*). También existen especies de plantas de floración neutra es decir florecerán siempre todo el año independientemente de la longitud del día (ej. *Begonias*, *Pensamientos*). Más adelante incidiremos más sobre este asunto.

6. Temperatura para la producción

También es importante destacar a nivel de producción de planta terminada los requerimientos generales de cada una de las variedades ornamentales. En mi opinión existe una segmentación clara entre las especies que requieren más o menos **temperatura para su producción**. En otras palabras, hay especies que pueden producirse al aire libre, otras requieren de invernadero a una temperatura mínima de 10 °C y por último otras que necesitan un mínimo de temperatura más elevado de al menos 16 - 18 °C.

Hay también especies cultivadas en las zonas más cálidas de nuestro país que admiten también cultivo bajo malla cuando en otras zonas más frías sería necesario al menos de un invernadero a temperatura mínima de 8 °C. Especies tradicionales de cultivo al aire libre o bajo malla serían: *Pensamiento*, *Petunia*, *Bellis*, *Brassica*, *Dianthus*, *Calibrachoa*, *Petchoa*, *Zinnia*, *Vinca*, etc. Por otro lado, especies que requieren forzosamente cultivo en invernadero serían: *Primula*, *Begonia*, *SunPatiens*, *Impatiens*, *Cyclamen* y *Pelargonium*.

7. Fotosíntesis

No podríamos hablar de plantas ornamentales sin comentar brevemente este milagro bioquímico de la naturaleza. La fotosíntesis es una reacción química a través de la cual las plantas absorben la luz y la transforman en azúcares y oxígeno. Es un proceso muy complejo que es vital para casi todos los organismos de la tierra. ¿Pero exactamente cómo funciona?

Las plantas son organismos autótrofos, lo que significa que las plantas producen su propio alimento y apoyan a otros organismos. Sin el sol, la fotosíntesis se detendría y no podría sostenerse la vida.

La fotosíntesis es la reacción química en la que el dióxido de carbono (CO₂) y el agua forman azúcares y oxígeno en presencia de energía luminosa. Los azúcares formados por la fotosíntesis son utilizados por las plantas como fuente de energía alimentaria. En condiciones naturales, el sol proporciona la energía para desencadenar la fotosíntesis.

A continuación, se detallan los factores que influyen en la fotosíntesis:

7.1. Calidad de la luz

La clorofila absorbe de manera más eficiente tanto la luz azul violeta como la luz roja. Por tanto, es preferible exponer las plantas a estas calidades de luz, a una determinada intensidad (cantidad de energía). **Al elegir iluminación suplementaria y especialmente al trabajar únicamente con luz artificial, es importante elegir la fuente de luz adecuada.** Las lámparas de sodio de alta presión (HPS) y los diodos emisores de luz (LED) son las fuentes de luz más eficientes del mercado.

7.2. Intensidad de la luz

Independientemente de la fuente de energía luminosa, las plantas necesitan una intensidad de luz mínima para desencadenar el proceso de fotosíntesis; este punto se llama punto de compensación de luz. Este punto es donde el CO₂ absorbido es igual al CO₂ liberado. A medida que aumenta la intensidad de la luz y la cantidad de energía proveniente de una fuente de luz, mayor es la tasa de fotosíntesis.

Sin embargo, esto no significa que la intensidad de la luz pueda ser infinita. Una vez que la intensidad de la luz alcanza un cierto nivel, la tasa de fotosíntesis es plana. Además, la clorofila puede dañarse con una intensidad de luz extrema, lo que hace que disminuya la tasa de fotosíntesis.

Acristalamiento en invernaderos

Los materiales de acristalamiento para el invernadero tienen diferente transmisión de luz, al igual que las mallas de sombra. Los acristalamientos viejos transmitirán menos luz que los materiales nuevos debido al enturbiamiento o acumulación de residuos. Otro factor importante en la transmitancia de luz en un invernadero es la estructura. Por ejemplo, los invernaderos de vidrio tienen más estructura (correas, barrotes, vigas, etc.) que un invernadero de polietileno.

Por tanto, un invernadero de vidrio tendrá más sombras que un invernadero de polietileno. La tasa fotosintética de las plantas disminuye en el mismo porcentaje que la cantidad de luz entrante bloqueada. Del mismo modo, el rendimiento de los cultivos se reduce en el mismo

porcentaje. En consecuencia, se requiere una limpieza adecuada del material de acristalamiento al comienzo de la temporada para garantizar la máxima transmisión de luz

7.3. Temperatura para la fotosíntesis

La temperatura influye en la actividad de las enzimas responsables de ayudar a las reacciones químicas en el ciclo de Calvin. A bajas temperaturas, la actividad enzimática es lenta. A medida que aumenta la temperatura, las enzimas que ayudan en estas reacciones incrementan su actividad hasta un pico, que es la respuesta óptima a la temperatura. Esta es la temperatura donde las plantas tienen su tasa de fotosíntesis más alta. A medida que la temperatura sigue subiendo por encima de este punto, la actividad enzimática disminuye hasta que se detiene la fotosíntesis

7.4. Dióxido de carbono

Además del agua y la luz, el otro componente principal necesario para la fotosíntesis es el dióxido de carbono (CO₂). Es importante mantener valores de CO₂ suficientemente altos para la fotosíntesis. El CO₂ entra a través de los estomas de la hoja; estos órganos se abren y se cierra dependiendo de varios parámetros. Cuando la planta se encuentra bajo estrés hídrico, expuesta a alta velocidad del viento, experimentando deficiencias de nutrientes o el Déficit de Presión de Vapor es demasiado alto, los estomas se cierran, interrumpiendo el intercambio de oxígeno, CO₂ y vapor de agua entre la planta y la atmósfera. Como resultado, la tasa fotosintética disminuye.

Dentro del invernadero

En los invernaderos, es importante intercambiar todo el volumen de aire rico en oxígeno del interior del invernadero con aire fresco del exterior varias veces por hora para mantener niveles favorables de CO₂ atmosférico en el invernadero. Esto es más importante durante la temporada de invierno, ya que el invernadero está cerrado al medio ambiente para minimizar la pérdida de calor.

8. Inducción floral

Las plantas de anuales de jardín son un sector muy importante ya que proporcionan color instantáneo para los consumidores. La gran mayoría de estas plantas se venden en un período muy concreto del año según la especie. La flor nos aporta color por tanto es importante entender los factores que afectan en la inducción floral de las plantas

- Juventud
- Fotoperíodo (duración del día)
- Intensidad de luz
- Temperatura

8.1. Juventud

Las plantas jóvenes no pueden formar flores incluso si reciben señales inductoras de flores como cambios en la duración del día o la temperatura. Las plantas deben pasar por este período juvenil y convertirse en maduras antes de que puedan responder a las señales inductivas y florecer.

La duración del período juvenil varía ampliamente entre las especies de plantas y puede medirse mediante un factor físico como el número de hojas o entrenudos

¿Cómo afecta la juventud a la floración de las anuales? Muchas plantas de jardín se propagan por semillas y los productores suelen pedir plántulas en bandejas. **Lo que determina la fase juvenil no es el tamaño del plantel sino el tiempo del cultivo del plantel.** Para una misma especie de planta de flor las bandejas de plántulas con alveolo más pequeñas estarán listas para enmacetar con una edad desarrollo más temprana que las de alveolo más grande. Por tanto, **las bandejas con alveolos más grandes serán plantas más maduras.**

Aunque muchas plantas de flor anuales se propagan desde semilla, **la popularidad está creciendo para las variedades y especies que se propagan por esquejes. La juventud no se aplica a cultivos de propagación vegetativa.** Esquejes cosechados de la planta madre ya están maduros y son capaces de responder a condiciones inductivas inmediatamente.

Los esquejes vegetativos se producen manteniendo las plantas madre bajo fotoperiodos no inductivos, pellizcando yemas terminales, y aplicando Ethephon (Ethrel). Sin embargo, dado que los esquejes provienen de plantas madre maduras (no juveniles) son capaces de ser inducidas a florecer

8.2. Fotoperiodo (duración del día)

Las respuestas de floración se describen en función de la respuesta a la duración del día (aunque la investigación demuestra que la señal inductiva real es la duración de la noche).

Todo cultivador, debe estar familiarizado con varios conceptos relacionados con la inducción de flores fotoperiódicas, incluyendo: grupos de respuesta fotoperiódica, longitud del día y número de ciclos de inducción floral.

Grupos de respuesta fotoperiódica

Las plantas se dividen en tres categorías principales en función de cuándo florecen:

- Plantas de día corto; florecen cuando la duración del día es igual o inferior a una determinada hora. Técnicamente, porque las plantas están respondiendo hasta la noche, las plantas de día corto florecen en respuesta a una larga noche.
- Plantas de día largo; florecen cuando la duración del día es igual o superior a una determinada hora.
- Plantas de día neutro; florecen independientemente de la duración del día.

Además, tanto las plantas de día largo y como las de día corto se pueden ser además clasificar en **obligatorio o facultativo.**

Las plantas con una respuesta fotoperiódica obligatoria deben estar expuesto a fotoperiodos cortos o largos para florecer o continuar en estado vegetativo.

Por otro lado, plantas con un fotoperiodo facultativo florecerán más rápidamente cuando se exponga a días largos o días cortos – la floración tarde o temprano ocurrirá independientemente de la duración del día

Duración crítica del día

¿Cómo saber cuán "largo" o "corto" necesita un día ser para inducir la floración?

La duración específica del día que una planta necesita para florecer puede llamarse duración del día crítica (CDL, por sus siglas en inglés "Critic Day Lenght"). En general, CDL es la duración del fotoperiodo en la que ocurre la floración

CDL puede variar entre especies fotoperiódicas. Los crisantemos de maceta (plantas de día corto) tienen una CDL de alrededor de 14 horas, y la floración ocurre cuando el fotoperiodo es de 14 horas o menos. En el caso de crisantemos de jardín, algunos cultivares florecen más al principio del otoño (crisantemos tempranos) que otros (crisantemos tardíos). Los crisantemos tempranos tienen CDL más largas, por lo que florecen más temprano en el verano que sus homólogos de finales de temporada.

Una forma de crear condiciones de día corto a las plantas es reducir la duración del día colocando una malla negra sobre las plantas al final de la tarde y retraerla por la mañana para así crear el fotoperiodo deseado.

Número de ciclos de inducción floral

Cuando se induce la floración de las plantas, cada período de 24 horas se conoce como ciclo de inducción floral. Las plantas deben estar expuestas a un número mínimo de ciclos de inducción para provocar una respuesta de floración. El número de ciclo crítico (CCN, "Critic Cycle Number") es el número mínimo de ciclos inductivos que una planta debe experimentar para garantizar que la floración ocurrirá incluso si las plantas se colocan bajo fotoperiodos no inductivos.

8.3. Intensidad de luz

La cantidad total de luz fotosintética que una planta recibe durante todo el día, llamada luz diaria integral (DLI, Day Light Integral), - puede afectar a las cualidades de la planta, incluyendo ciclo y calidad del cultivo.

8.4. Temperatura para la inducción floral

Para producir plantas con flores de la más alta calidad es importante entender cómo responde cada planta a la temperatura. Además del efecto general de la temperatura media diaria (ADT, "Average Daily Temperature") en el desarrollo de la planta, las anuales pueden ser sensibles a temperaturas extremas.

Temperatura y desarrollo

La tasa de desarrollo de una planta es principalmente una función de la temperatura media diaria del invernadero. Generalmente, dentro de un rango de ADT de 7 °C a 30 °C el tiempo de producción aumenta o disminuye a medida que el ADT disminuye o aumenta, respectivamente.

Sensibilidad a la temperatura

Las altas temperaturas nocturnas pueden retrasar la floración, trastorno llamado "retraso por calor". Este trastorno es común con cultivos en maceta como la Flor de Pascua (*Euphorbia pulcherrima*) y Kalanchoe (*Kalanchoe blossfeldiana*), pero puede afectar a algunas anuales, incluida la Gomphrena (*Gomphrena globosa*) e Impatiens de Nueva Guinea (*Impatiens hawkeri*).

1. Panorama general

Por último, algunas anuales son sensibles al ADT, independientemente de las temperaturas diurnas o nocturnas. Esta respuesta es común en geranios zonales (*Pelargonium × hortorum*), que produce menos flores a medida que la TDA aumenta de 10 °C a 30 °C.

8.5. Ejemplos de algunas especies según respuesta a longitud del día

Leyenda:

- FLD: Día largo facultativo
- OLD: Día largo obligatorio
- DN: Día neutro
- FSD: Día corto facultativo
- OSD: Día corto obligatorio
- ?: Respuesta desconocida

Ageratum “Blue Horizon” (FLD)

Antirrhinum “Floral Showers” (FLD)

Argyranthemum (DN)

Begonia tuberhybrida (OLD)

Begonia semperflorens (DN)

Calibrachoa (FLD)

Callistephus chinensis (FLD)

Catharanthus roseus (DN)

Dahlia hybrida (FSD)

Dianthus barbatus (DN)

Dianthus chinensis (FLD)

Fuchsia hybrida (OLD)

Gerbera jamesonii (FSD)

Gomphrena globosa (FSD)

Gypsophila paniculata (OLD)

Helianthus annuus (DN/FSD)

Hibiscus cisplastinus (DN)

Hibiscus moschetus (OLD)

Hibiscus radiatus (OSD)

Impatiens hawkeri (DN)

Impatiens walleriana (DN)

Ipomea spp. (FSD)
Lilium spp. (FLD)
Limonium sinuatum (FLD)
Lobelia erinus (OLD)
Lobularia marítima (DN)
Matthiola hybrida (FLD)
Osteospermum hybrida (FLD)
Pelargonium zonale (DN)
Pelargonium peltatum (DN)
Petunia hybrida (FSD/OLD)
Phlox chinensis (FLD)
Portulaca grandiflora (DN)
Portulaca oleracea (DN)
Primula malacoides (OSD)
Primula obconica (DN)
Primula polyantha (DN)
Rosa x hybrida (DN)
Rudbeckia spp (OLD)
Salvia farinacea (FLD)
Salvia splendens (FLD)
Sinningia speciosa (DN)
Solenostemon spp. (?SD)
Solidago spp (SD)
Tagetes erecta (FSD)
Tagetes patula (DN)
Torenia fournieri (?DN)
Verbena x hybrida (?LD)
Viola wittrockiana (FLD)
Zinnia angustifolia (DN)
Zinnia hybrida (FSD)

9. Conceptos y fundamentos elementales en la producción

9.1. pH y alcalinidad

El agua (H₂O) contiene iones de hidrógeno (H⁺) e hidroxilo (OH⁻). El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno H⁺ contenidos en una fuente de agua.

Un pH de 7 se considera "neutro", ya que las concentraciones de iones H⁺ y OH⁻ son iguales. Los líquidos o sustancias con medidas de pH inferiores a 7 se consideran "ácidos" y contienen más iones H⁺ que iones OH⁻. Aquellos con mediciones de pH superiores a 7 se consideran "básicos" o "alcalinos" y contienen más iones OH⁻ que iones H⁺. Por cada cambio de una unidad en el pH, hay aproximadamente un cambio de diez veces en la acidez o alcalinidad. Por lo tanto, un pH de 4 es 10 veces más ácido que un pH de 5. De manera similar, un pH de 9 es 10 veces más alcalino que un pH de 8 y 100 veces más alcalino que un pH de 7. El agua desionizada pura es neutra, con un pH de 7.

Idealmente, el agua de riego para plantas debe tener un pH entre 5.0 y 7.0. El agua con un pH inferior a 7,0 se denomina ácida y superior a 7,0 básica. 7.0 se considera neutra.

El pH del agua no afecta el pH del medio del contenedor, pero afectará la solubilidad de los fertilizantes y químicos en solución.

La alcalinidad es la medida de la capacidad tampón de ácido del agua de riego y tiene un efecto de elevar el pH del medio similar al de la piedra caliza. En otras palabras, es la capacidad del agua de riego para efectuar cambios en el pH del medio.

Una prueba de alcalinidad mide el nivel de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos en el agua y los resultados de la prueba generalmente se expresan como "ppm, partes por millón, de carbonato de calcio (CaCO₃)". El rango deseable para el agua de riego es de 0 a 100 ppm de carbonato de calcio. El carbonato de calcio es básicamente piedra caliza o tiza disuelta en agua.

Una prueba de pH por sí sola no es una indicación de alcalinidad. El agua con alta alcalinidad siempre tiene un pH de +7, pero el agua con un pH alto no siempre tiene una alta alcalinidad. Esto es importante ya que la alta alcalinidad ejerce los efectos más significativos sobre el medio de cultivo, la fertilidad y la nutrición de las plantas.

Niveles deseables de nutrientes y otros componentes del agua de riego

- pH: 5.8 to 6.0
- Alcalinidad: 0.75 - 2.6 mEq/l CaCO₃
- Conductividad (CE): <1,5 mmhos/cm o mS/cm
- Dureza: 100 a 150 mg CaCO₃/l
- Calcio (Ca): 40 a 100 ppm
- Magnesio (Mg): 30 a 50 ppm
- Sodio (Na): < 50 ppm
- Sulfatos (SO₄): < 50 ppm
- Cloro (Cl): < 100 - 150 ppm
- Boro (B): < 0,5 ppm
- Flúor (F): < 0,75 ppm

Nota: Estos son niveles deseables, mientras que los niveles aceptables pueden ser más amplios

Niveles óptimos de alcalinidad

- En plantel: 1 mEq (= pH 5.7) 50 CaCO₃
- En maceta: 2 mEq (= pH 6.2) 100 CaCO₃

Hay menos cantidad de sustrato disponible en un plantel que resista cambios que en una maceta de 10,5 cm. Valores de alcalinidad más altos necesitarán ser corregidos

9.2. Puntos importantes para tener en cuenta

- El pH del agua no afecta el pH del medio del recipiente, pero afectará la solubilidad de los fertilizantes y químicos en solución
- Las plantas no absorben los nutrientes de las partículas del suelo
- Las plantas solo absorben nutrientes de la solución del suelo
- Los nutrientes deben estar en solución para ser absorbidos

9.3. ¿Por qué el sustrato es tan importante?

- Es el material donde crecen las plantas crecen y se desarrollan
- Aporta nutrientes por absorción a través de las raíces
- Función de anclaje de las plantas
- Contiene espacios porosos que aportan oxígeno a las raíces
- Proporciona un entorno favorable para los microorganismos

9.4. Diferentes tipos de sustratos

Tierra

- Capa delgada de la corteza terrestre que permite el crecimiento de las plantas

Medio o sustrato sin suelo

- No contiene tierra vegetal
- Generalmente hecho de turba, vermiculita, perlita, corteza

Textura de la tierra

- Tamaño de las partículas del suelo
- Afecta muchas propiedades del suelo y su utilidad
- El suelo de textura media es el preferido

Estructura del suelo

- Disposición física de las partículas del suelo
- Contribuye a la aireación o al movimiento del aire en el suelo

9.5. Fertilizantes

- Abonos compuestos: aquellos que contienen los tres nutrientes esenciales (N, P, K)
- Abonos simples: carecen de uno o más nutrientes primarios
- Ingrediente activo: porcentaje total de nutrientes que se aplica
- Ingrediente inerte: portador del ingrediente de relleno

9.6. Análisis de los fertilizantes

La composición de los ingredientes activos en una formulación fertilizante. Un fertilizante con por ejemplo un análisis de 15-5-30 tiene una composición de:

- 15% nitrógeno
- 5% fosfato
- 30% potasa
- 50% materia inerte

9.7. ¿Cuáles son los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas?

Macronutrientes

Macronutrientes primarios necesarios en grandes cantidades

- N - Nitrógeno
- P - Fósforo
- K - Potasio

Macronutrientes secundarios necesarios en cantidades moderadas

- Ca - Calcio
- Mg - Magnesio
- S - Azufre

Micronutrientes

Nutrientes necesarios en cantidades muy pequeñas

- B - Boro
- Cu - Cobre
- Cl - Cloro
- Fe - Hierro
- Mn - Manganeso
- Mo - Molibdeno
- Zn - Zinc

9.8. Papel que desempeñan los elementos en las plantas

Nitrógeno* - Proteínas, información genética

- Móvil en la planta
- Carencia:
 - Relacionada con las proteínas y la necesidad de clorofila (fotosíntesis)
 - Las hojas inferiores están amarillentas (Figura 3)

Fósforo* - Proteínas, información genética, energía

- Móvil en plantas
- Carencia:
 - Relacionada con las proteínas
 - Decoloración morada en las hojas inferiores (Figura 4)



Figura 3. Carenza de nitrógeno en *Girasol*
Fuente: *Greenhouse Product News*, 2006



Figura 4. Carenza de fósforo en *Zinnia*

Azufre* - Proteínas, fotosíntesis, respiración

- Móvil
- Carenza:
 - No relacionada con las proteínas y fotosíntesis
 - Amarilleamiento de toda la planta (Figura 5)



Figura 5. Carenza de azufre en *Bracteantha*

Magnesio* – Fotosíntesis

- Móvil
- Carencia:
 - No relacionada con la fotosíntesis
 - Amarilleamiento intervenal en las hojas inferiores (Figura 6)



Figura 6. Carencia de magnesio en *Gerbera*

Calcio** - Pared celular, señalización celular

- Inmóvil en plantas
- Carencia:
 - No relacionada con la fotosíntesis
 - Amarilleamiento intervenal en las hojas inferiores (Figura 7)

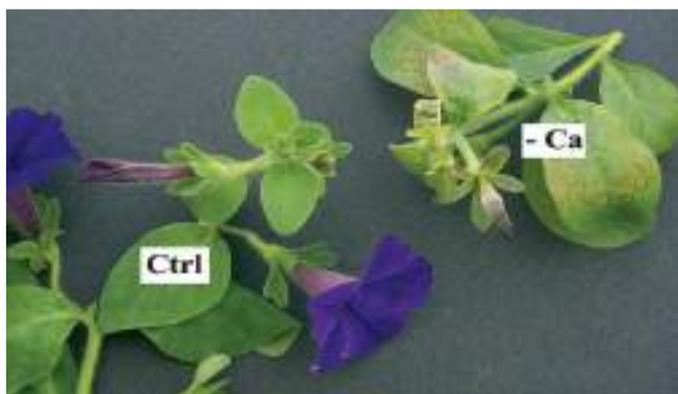


Figura 7. Carencia de calcio en *Petunia*

Fuente: *Greenhouse Product News*, 2006

Potasio** - Relacionado con el agua

- Móvil en plantas
- Carencia:
 - No relacionada con las proteínas o la fotosíntesis
 - Necrosis en las hojas inferiores (Figura 8)



Figura 8. Carencia de potasio en *Salvia splendens*
Fuente: *Greenhouse Product News*, 2006

Hierro* - Fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales libres

- Inmóvil
- Carencia:
 - Tiene que ver con la fotosíntesis
 - Clorosis intervenal (amarilleamiento) de las hojas superiores nuevas y viejas de la planta (Figura 9)



Figura 9. Carencia de hierro en *Petunia*
Fuente: *Greenhouse Product News*, 2006

Manganeso* - Fotosíntesis, desintoxicante de radicales libres

- Inmóvil
- Carencia:
 - Relacionada con las proteínas o fotosíntesis
 - Retraso en el crecimiento y un amarilleamiento de las hojas nuevas (Figura 10)

Diferencias entre carencia de hierro y manganeso: en la carencia de hierro, la nervadura principal y las pequeñas permanecen verdes mientras que, para el manganeso, sólo la nervadura principal se mantiene verde (Figura 11).

1. Panorama general



Figura 10. Carencia de manganeso en *Pensamiento*



Figura 11. Izquierda: clorosis de hierro; Derecha: clorosis de manganeso

Cobre* - Fotosíntesis, respiración

- Inmóvil
- Carencia:
 - Relacionada con la fotosíntesis y respiración
 - Una pequeña clorosis en las hojas nuevas seguida de necrosis en las hojas algo más maduras (Figura 12)



Figura 12. Carencia de cobre en *Impatiens Nueva Guinea*

Fuente: *Greenhouse Product News*, 2006

Zinc* - Proteínas, procesamiento de información genética

- Inmóvil
- Carencia:
 - Una pequeña clorosis, que tiende a internerval en las nuevas hojas seguida de necrosis de las algo más maduras (Figura 13)



Figura 13. Carencia de zinc en *Zinnia*
Fuente: *Greenhouse Product News*, 2006

Boro - Desarrollo de la pared celular**

- Inmóvil
- Carencia
 - No participa en las proteínas o fotosíntesis
 - Retraso en crecimiento y necrosis de hojas nuevas (Figura 14)



Figura 14. Carencia de boro en *Petunia*

Molibdeno* - Uso del nitrógeno

- Inmóvil
- Participa en el uso de nitrógeno. El nitrógeno está relacionado con las proteínas y clorofila (fotosíntesis)
- Carencia: clorosis en el borde de hojas medias y superiores (Figura 15)



Figura 15. Carencia de molibdeno en *Poinsettia*

Silicio - Resistencia a las enfermedades, estructura de la hoja, tallos y ramificaciones**

Cloruros* - Fotosíntesis, relaciones hídricas

Sodio*- Regenerador de fotosíntesis

** Relacionada con proteínas y fotosíntesis, la deficiencia se muestra inicialmente como un amarillamiento de las hojas.*

*** No relacionada con proteínas ni en la fotosíntesis, la deficiencia se manifiesta inicialmente como una necrosis.*

Bibliografía

Armitage, A.M. (1994). Growing-on. In: Ornamental Bedding Plants

Chen J. (2016). Basics of Photosynthesis

Croft, B. (2010). Understanding Sakata's Culture Sheets

Currey C.J.; Matsson, N.S; López R. (2011). Commercial Greenhouse and Nursery Production.
Flower induction of Annuals

1.12. Alimentos ecológicos: biodiversidad, sostenibilidad y salud

José Ángel Navarro Castillo

janavarro@caae.es

Dirección de certificación de CAAE

Índice

1. Qué es la producción ecológica
 - 1.1. Un sistema multidisciplinar
 - 1.2. Utopía y realidad
 - 1.3. La convergencia hacia el ecologismo
 - 1.4. Consecuencias
 - 1.5. Reivindicaciones del movimiento ecologista hoy
 - 1.6. Luchar contra la incapacidad científica
 - 1.7. Un mundo sucio
2. La producción de alimentos sanos
 - 2.1. ¿Es el ecológico un reglamento ecologista?
 - 2.2. Tendencias y teorías
 - 2.2.1. Método Fukuoka
 - 2.2.2. Permacultura
 - 2.2.3. Agricultura regenerativa
 - 2.2.4. Agricultura orgánica-biológica
 - 2.2.5. Agricultura biodinámica
 - 2.2.6. Agricultura de conservación
 - 2.2.7. Agroecología
 - 2.2.8. Decrecimiento
 - 2.3. Los inicios de la regulación
 - 2.4. La producción ecológica hoy
3. ¿Qué es ser ecológico?
 - 3.1. Bases legales de la producción ecológica
 - 3.2. Lo que entendemos por ecológico y lo que es
 - 3.3. Algunas preguntas frecuentes
 - 3.4. Bioeconomía
 - 3.5. Greenwashing
4. Actualidad y futuro de la producción ecológica
 - 4.1. La tecnología, clave para el avance ecológico
 - 4.2. Ecológico y futurista
 - 4.3. Hacia un mundo verde

Resumen

El reglamento europeo de producción ecológica surge a finales del siglo XX como respuesta a la demanda social que reclama un cambio del sistema productivo, en la mejora de la protección de los recursos naturales, la salud de las personas y del medio ambiente. Para llegar a esto son muchas las circunstancias socioeconómicas que confluyeron y son distintas las tendencias que influyeron en la regulación. El reglamento de producción ecológica establece los requisitos necesarios para producir y comercializar alimentos bajo las menciones protegidas ecológico, biológico u orgánico. Se exponen en el capítulo los principios y normas generales que rigen la producción ecológica y su adecuación al actual reglamento aprobado en 2018 y que ha entrado en vigor en 2021. Se expone cómo la producción ecológica no solo no es ajena a la tecnología, sino que necesita de ésta para mejorar las producciones. En este sentido, tradicionalmente ha sido mal entendida, confundiéndose una serie de prácticas antiguas o la ausencia de intervención, pero lo cierto es que en la actualidad la investigación y la aplicación de tecnología son imprescindibles para mejorar la productividad y calidad de las producciones, teniendo en cuenta que el objeto final es servir de alimento y por lo tanto ser comercializados con las máximas garantías de calidad y seguridad alimentaria bajo los requisitos establecidos por la norma. Las políticas de la Unión Europea han marcado una serie de estrategias a medio y a largo plazo, teniendo la neutralidad climática como destino, en las producciones agrarias por medio del fomento de la biodiversidad y la sostenibilidad, pasando los mismos de manera ineludible por la producción ecológica como único sistema reglado que cumple ampliamente con esos objetivos, a los que se une llegar en el 2030 al 25% de la superficie agraria útil certificado bajo el sistema de producción ecológica. Finalmente se analizan las tendencias, la necesidad de la investigación y aplicar tecnologías limpias en la producción de alimentos como reto de futuro.

1. Qué es la producción ecológica

Veremos a lo largo de este capítulo que la mención protegida para los alimentos surge de inquietudes desde distintas partes de la sociedad y por este motivo no es extraño que el concepto “producción ecológica” dé lugar a interpretaciones alejadas del mero hecho de entenderse como un marco regulatorio que como todas las legislaciones establece límites, los cuales pretenden ser razonables pero en los que conseguir la uniformidad en un territorio tan diverso como la Unión Europea no resulta fácil. Para que un alimento pueda ser calificado como ecológico debe estar sujeto a control que satisfaga el cumplimiento de los requisitos establecidos en la regulación a la que se someten voluntariamente todas las partes de la cadena, desde la producción hasta la puesta en el mercado, tratándose por ser público de un control oficial de manera que el proceso sea trazable y transparente.

1.1. Un sistema multidisciplinar

Tenemos la tendencia a identificar los antecedentes de la agricultura ecológica con la sucesión de avances históricos en agricultura a partir de los asentamientos neolíticos, posiblemente entendiendo que durante algunos milenios la actividad agropecuaria del hombre ha estado en equilibrio con el medio o, mejor dicho, las actividades humanas no han tenido un impacto que ponga en peligro la estabilidad de los ecosistemas y la supervivencia de los seres vivos que los conforman. Pero además de no ser así, resulta absurda cualquier pretensión de volver al pasado

o de utilizar técnicas que claramente son ineficaces y que lo más que pueden conseguir es ofrecernos la ilusión de estar haciendo algo beneficioso mientras vivimos en nuestra pequeña burbuja de felicidad.

No cabe duda de las ideas loables que ha motivado a muchos investigadores y tecnólogos, fieles a una ambición profesional por ir siempre más allá, de llegar hasta donde nadie lo ha hecho; una ambición que en ocasiones ha adolecido de una visión de conjunto, que ha favorecido la especialización minusvalorando las disciplinas humanísticas, de la cultura y el arte como forma de adquirir el conocimiento y la sensibilidad para con los congéneres y el planeta. Hemos creado doctores en ciencias que nunca han leído literatura, que no entienden la expresión artística o que son insensibles ante el sufrimiento ajeno. Sin una visión global resulta difícil encontrar soluciones a través de la tecnología de gran impacto que manejamos en este momento sin que ésta repercuta en el resto del sistema.

No parece que premeditadamente nadie diseñe una estrategia para lucrarse a costa de perjudicar al conjunto. Pero lo cierto es que ciertas circunstancias históricas confluyen para crear la tormenta perfecta. Circunstancias que indudablemente constituyen la esencia de la condición humana y que le ha servido a esta especie para colonizar absolutamente el planeta: el afán por investigar, acaparar, la capacidad de asociarse sometiendo a los congéneres al mismo tiempo. Los hallazgos y avances científicos unidos al deseo de poder traducido en un sistema económico que concentra los privilegios en con una jerarquía piramidal han creado una situación insostenible porque los de arriba no han mirado abajo hasta que las consecuencias han empezado a afectarles.

1.2. Utopía y realidad

Los grandes ideales mueven el mundo y a las personas que lo habitamos hacia el futuro. El instinto de algunos privilegiados con su visión marca los caminos para el avance de la sociedad, aunque no siempre esos caminos sean acertados ni sean siempre los finalmente elegidos. Raramente esos caminos son directos ni el destino final lleva al lugar para el que fueron trazados, no siendo nunca obra de un solo autor ni ese autor verá su trabajo terminado; las empresas que buscan un bien colectivo con el tiempo pasan a formar parte del bien común y el autor se convierte en un integrante más de ese proyecto.

El devenir social y el avance del conocimiento mediante el dominio de la ciencia y la tecnología nos ha llevado a que de forma acelerada tomemos decisiones sobre los modelos de desarrollo a adoptar y la forma de hacerlo, plasmándose en un modelo económico de crecimiento colectivo basado en el mercado y la competencia al que se ha supeditado un sector agroalimentario que como el resto de actividades se ha visto abocado a primar la rentabilidad por encima de cualquier otro concepto.

Bajo el arrollador auge del modelo agroindustrial productivista y sus resultados inmediatos con mejoras que obligaban a entrar en la rueda de productividad-consumo, resultaba difícil proponer otras alternativas. Dichas alternativas eran desprestigiadas bajo las acusaciones de idealizaciones irrealizables en contra del progreso, convirtiéndose en prácticas residuales y minoritarias. En estas circunstancias durante años algunos advertían de los riesgos y las consecuencias, las cuales tardaron pocas décadas en dejarse sentir, ofreciendo un golpe de realidad frente al que todavía se justifican tanto los usuarios por la normal resistencia al cambio,

como quienes han venido generando ese modelo de desarrollo, no interesados de acometer alternativas.

1.3. La convergencia hacia el ecologismo

No existe una causa que dé origen al movimiento ecologista, sino que es la consecuencia natural y multifactorial de la conciencia del ser humano, egoísta y solidario, imprevisible y racional al mismo tiempo, capaz de destruir y crear sin límite. Y dentro de dicho devenir que nos lleva a pendular en nuestro comportamiento, pasar de una la alimentación ajena a cualquier consigna de prevención medioambiental y con un abuso de plaguicidas, para más tarde ir hacia en el lado opuesto.

La plena industrialización durante el siglo XX que da origen a fuertes polos de desarrollo generando lo que ha dado en llamar el primer mundo, con la activación económica de los periodos postbélicos, caracterizados por la concentración en grandes núcleos de población, la creación de un amplio estrato social consumista cuyo objetivo es el bienestar individual y basado en un modelo económico que tiene como objetivo en sí mismo el propio crecimiento y la concentración de la riqueza, provoca desigualdades e inestabilidad a nivel general, y ya desde mitad del siglo XX el modelo comienza a ser cuestionado a todos los niveles, basándose en una casuística reiterada y de consecuencias en ocasiones irreversibles:

¿Son humanos, racionales y lícitos los asesinatos masivos? Multitud de guerras regionales y entre países cuyos mayores reflejos son las mundiales, la represión política llevada al extremo por dictaduras en todo el mundo y el nazismo como uno de los mayores ejemplos de la degradación de la especie humana: genocidios, terrorismo, esclavitud, son algunas de las manifestaciones violentas contra congéneres: “el hombre es un lobo para el hombre” relataba en el siglo XVII el filósofo Thomas Hobbes. En el siglo de la sociedad del bienestar la violencia crece a gran escala por la dimensión de la tecnología, surgiendo como una necesidad la utopía de la paz. Aparece el término tercer mundo como una forma de contraponer a las sociedades avanzadas que viven de los recursos de otras que son explotadas y donde ni siquiera tienen asegurada la supervivencia de sus individuos. Incluso dentro de las sociedades avanzadas existe la supremacía étnica y cultural que da lugar al racismo, empieza el siglo con Mahatma Gandhi que inicia otro tipo de lucha, la no violenta, Martin Luther King a partir de 1960 contra el racismo, John Lennon con alegatos publicitarios a la violencia de estado, Rigoberta Menchú en último cuarto de siglo por la dignidad de los pueblos, Dalai Lama y la libertad de pensamiento, son algunos de los ejemplos del movimiento pacifista y de una situación que se repite por todo el planeta.

¿Es viable la eliminación ilimitada de residuos? Desde los generados por los procesos industriales, algunos de los cuales el propio sistema planetario transforma, pero incluso debido al gran volumen se llega al punto de saturación, en tanto que muchos de ellos pasan a ser contaminantes lesivos para los seres vivos.

¿Son inocuos los plaguicidas? Quizás era necesario atravesar la barrera de la inexperiencia que supuso contar con compuestos potentes que prometían ilimitadas posibilidades de futuro en el control de los cientos de plagas que atacan los cultivos. Una tecnología eficaz que a través de la creación y el ensayo de miles de nuevas moléculas se predecía como la solución definitiva, y sobre esta creencia se edificó un potente sistema agroindustrial dominado por las empresas

capaces de implementar dichas tecnologías. Durante décadas productores e ingenieros fueron adiestrados en la aplicación de dicha técnica (Navarro, 2021) sencilla y basada en asignar a cada tipo de plaga un producto y repetir la dosis. Esta técnica salvó miles de vidas en el caso de las enfermedades transmitidas por insectos como la malaria, pero su uso masivo en pocos años provocó graves problemas para la salud de las personas y el medio ambiente. Una serie de artículos de Rachel Carson en 1962 convertidos el libro *la Primavera Silenciosa* (Carson, 1962), advirtiendo sobre la peligrosidad de este tipo de compuestos supone un punto de inflexión en la conciencia medio ambiental. La prohibición del DDT en 1972 es el inicio en los países desarrollados de la prohibición de la mayoría de este tipo de sustancias plaguicidas. Medio siglo después todavía encontramos DDT y sus metabolitos en terrenos agrícolas que usaban este tipo de productos (Greenpeace y Ecologistas en Acción, 2003). La preocupación se extendió al siglo XXI y en 2001 se firmó el Convenio de Estocolmo por 151 países que buscaba la eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes.

¿Nucleares NO? Siempre generó miedo, el propio Albert Einstein apoyó esta tecnología para adelantarse a las investigaciones de la Alemania nazi en cuyas manos hubiera supuesto un desastre global, pasado esto y tras el uso por EEUU contra la población civil se opuso a su uso (Einstein, 2000). Muchos lugares del planeta han quedado marcados para siempre por la contaminación mortífera de los ensayos, por los residuos generados, por las centrales de generación de energía. Chernóbil en 1986 fue el desenlace de un riesgo anunciado con consecuencias globales y que se podría repetir en cualquier parte del mundo. La escalada en la amenaza y creación de un gran arsenal de armas nucleares durante la llamada Guerra Fría, fue otro de las luchas de los movimientos pacifistas que llevaron a la entrada en vigor en 1970 del Tratado de No Proliferación Nuclear.

¿Es posible conseguir la paz? Los principios de la propia sociedad del bienestar, la capacidad destructiva de las armas de destrucción masiva, la conexión, los intereses y explotación de recursos a nivel global, crean una conciencia solidaria, ecologismo y pacifismo van de la mano, más allá de los intereses nacionales la ciudadanía se moviliza para defender y atender unos requerimientos éticos de los estados cada vez más condicionados por grandes corporaciones transnacionales no son capaces de afrontar.

Los más relevantes ideólogos contemporáneos marcan el camino, como el considerado una de las mentes más brillantes de la historia, Albert Einstein no solo por sus múltiples aportaciones a la ciencia y al conocimiento, sino por su faceta como pensador y pacifista activo en 1934 decía: *“¡Ojalá la conciencia y el sentido común de los pueblos despierten, y podamos llegar a un nuevo estadio de la civilización, en que puedan las gentes considerar la guerra como algo pretérito, como una aberración incompresible de sus antepasados!”* (Einstein, 2000).

¿Una alimentación sana y universal? El modelo de desarrollo creó la agroindustria, cuyo objetivo era la creación de gran cantidad de alimentos baratos, también el procesado de estos haciéndolos asequibles a los usuarios que no tendrían que gastar tiempo en la transformación y elaboración. Alcanzar el estatus del bienestar individual supone alimentar una industria que requiere mucha mano de obra y por lo tanto mucho tiempo: productividad, procesados, envasados, una ingente cantidad de mejorantes de sabor, aromas, color, texturizantes, aglomerantes, conservantes para prolongar la vida del alimento, toda una industria exclusivamente química de miles de formulaciones aparente seguras a pesar de no conocerse el

1. Panorama general

efecto bioacumulativo o la interacción entre las mismas en los organismos vivos, accesibles y baratas. Sin embargo, solo accesibles para un mundo desarrollado que puede pagarlas que a su vez comenzó a generar otros problemas de salud; somos lo que comemos: intolerancias, enfermedades autoinmunes, infertilidad, tumores, hipertensión, obesidad, patologías cardiovasculares, entre otras muchas que fueron describiéndose. Efectivamente solo somos lo que comemos y lo que respiramos.

En 1961 se funda la organización sin ánimo de lucro WWF (The World Wide Fund for Nature) en Suiza y las inquietudes sociales se plasman en la aparición de los primeros partidos verdes. En 1971 nace Greenpeace en Canadá y la acción política en Centro Europa lleva a la elección los primeros diputados ecologistas, sobre todo a partir de los ochenta. Ya incluso, a partir de este momento, en Estados Unidos muchas de las legislaciones empiezan a tener en cuenta el medio ambiente y la protección de las especies.

En España sin duda la figura de Félix Rodríguez de la Fuente supone un antes y un después en la conciencia ecologista del país, ya en los años sesenta militando en la Sociedad Española de Ornitología (SEO) y promoviendo en 1968 la Asociación para la Conservación de la Naturaleza (ADENA), consiguió sensibilizar a la opinión pública y tener el respeto de los estamentos oficiales.

Durante estos años ha habido una fuerte oposición al cambio argumentando el freno al crecimiento y amenazando con el empobrecimiento de la sociedad del bienestar y paradójicamente no ha sido hasta constatar esa posibilidad, pero por motivos distintos como son los daños medioambientales, cuando se han tomado medidas previendo consecuencias irreversibles.

Uno de los principales logros del movimiento ecologista a lo largo de todos estos años, ha sido precisamente la concienciación medioambiental, la cual ha ido en aumento abordando nuevos temas de debate como la lluvia ácida, la energía nuclear, la capa de ozono, la sostenibilidad o el cambio climático.

1.4. Consecuencias

El último cuarto del pasado siglo deja ver las consecuencias de la mal llevada revolución industrial (Herrero, 2006):

- Contaminación generalizada, lluvia ácida, agujero en la capa de ozono troposférico
- Amenazas para la biodiversidad con múltiples consecuencias entre las que figuran la falta de disminución de la variabilidad de las poblaciones y su adaptación al medio y la pérdida de poder amortiguador ejercido por las poblaciones. Desaparición de especies, desplazamiento de poblaciones naturales, contaminación genética
- Reducción de hábitats
- Aumento y aparición de nuevas patologías
- Calentamiento global y cambio climático
- Escasez de recursos, el agua.

El actual reglamento europeo de producción ecológica (Parlamento Europeo, 2018) es consecuencia fundamentalmente de una demanda social y de la necesidad socio-política de

ofrecer una alternativa viable a la propuesta de un sistema de crecimiento desmesurado basado en la explotación de los recursos.

Los avances científicos y tecnológicos durante el siglo XX abrieron nuevos horizontes y expectativas, la oportunidad de producir más y mejor, las mejoras en la sanidad, en las comunicaciones y el acceso a un bienestar basado en servicios y nuevos productos accesibles para gran parte de la población. En este proceso la gestión de la energía y el control de los recursos ha sido fundamental. El carbón primero, más tarde el petróleo y la energía nuclear han sido decisivos para permitir el desarrollo industrial. En el caso del petróleo no solo como fuente de energía sino por la inmensa cantidad de derivados en todos los órdenes que han inundado el planeta, entre ellos la gran revolución de los plásticos. Paralelamente desde mitad del siglo XX en contraposición a los problemas que surgían como consecuencia de las nuevas tecnologías iban surgiendo voces críticas en distintos ámbitos, creándose una conciencia que promovía el respeto de los seres vivos del planeta (Franciscus, 2015).

La alimentación es una de las actividades humanas fundamentales afectando a muchos de los sectores económicos e industriales. Tanto la producción de insumos desde el punto de vista de su extracción, uso de la energía necesaria, contaminación en esta fase y en la posterior de aplicación y a la naturaleza del propio producto alimenticio han convertido al agroalimentario en uno de los protagonistas de los movimientos ecologistas.

1.5. Reivindicaciones del movimiento ecologista hoy

El mensaje y las reivindicaciones van cambiando en la medida que evoluciona la sociedad promoviendo iniciativas en diversas áreas:

- Lucha contra la globalización: la deslocalización de las producciones, el control de los medios de producción por parte de oligopolios de poder desde el inicio de la cadena que afectan al material de reproducción vegetal incorporando tecnología para la mejora de la productividad, resistencia patógenos, entre otros, lo que supone un alto coste en la adquisición, contando con protecciones legales para su explotación y el riesgo de pérdida de biodiversidad por desplazamiento de variedades locales y el abandono de las mismas. Globalizar los problemas supone el interés de controlar también globalmente las soluciones y el tránsito de mercancías.
- Promover la agroecología: poner en valor las producciones y variedades locales, la lucha contra el despoblamiento rural, la lucha contra los transgénicos, la promoción de la agricultura ecológica y el consumo de cercanía optimizando los recursos y el uso de la energía.
- Uso racional del agua: uso sostenible de los recursos hídricos, especialmente de las aguas continentales, evitando la contaminación y la sobreexplotación de las fuentes de suministro, adecuando las producciones a las necesidades locales.
- El bienestar animal: dotar a los animales de derechos, sin dejar de cumplir su función tanto en el medio natural o dentro de la actividad humana, evitar situaciones de maltrato y crueldad. La cría intensiva con destino a la industria alimentaria, el hacinamiento o espectáculos como las corridas de toros.

1. Panorama general

- La lucha contra el cambio climático: un problema global y transversal a todas las actividades humanas, identificar los focos y alertar sobre dichos peligros y sus consecuencias.
- Consumismo: una de las principales luchas ecologistas es la concienciación a los ciudadanos que en último término es a quienes se dirige todos los productos generados por la economía productivista, ofreciéndose como alternativa la opción de un consumo responsable.
- Energías contaminantes: en el mundo contemporáneo las fuentes energéticas son el motor del mantenimiento social y del desarrollo económico siendo una de las principales fuentes de contaminación y de influencia en el cambio climático: las fósiles y nucleares en el centro de las denuncias.
- Los efectos de la contaminación: casi todas las actividades humanas son susceptibles de generar diferentes formas de contaminación, desde la atmosférica o la fluvial hasta la lumínica, pasando por la de los suelos agrícolas entre muchas otras, produciendo efectos en las poblaciones de seres vivos del planeta.
- La protección de la naturaleza: promueve la protección de espacios naturales, la lucha contra la deforestación y prevención de los incendios forestales, la preservación y la denuncia de las agresiones a espacios protegidos. La protección del medio marino y su protección frente a vertidos continentales, las agresiones al litoral y los desastres ecológicos de los vertidos y accidentes, especialmente por petroleros.
- Eliminación de residuos: mediante la reducción de los mismos usando soluciones tecnológicas innovadoras o produciendo materiales reciclables, denunciando los vertidos incontrolados y peligrosos.
- La educación: como manera de crear conciencia y consolidar los valores de respeto medioambiental en las generaciones que han de heredar el planeta. Los movimientos ecologistas hoy denuncian los contenidos anti ambientales y promueven campañas de sensibilización ambiental.
- Transporte: promoviendo energías limpias como la electricidad procedente de renovables y soluciones colectivas como el transporte público, infraestructuras ferroviarias para mercancías.
- Protección del patrimonio: tanto histórico como etnográfico como forma de mantener la identidad de los pueblos, evitando su deterioro y destrucción muchas veces en favor de un desarrollo urbanístico desmesurado.
- Modelos urbanísticos: replanteándose el papel de la ciudad, haciéndolas más saludables, a la medida de las personas. Denunciando el urbanismo atroz de espaldas al entorno natural y creando barreras con éste. Haciendo del medio rural lugares habitables, dotados de los servicios necesarios y de una mayor calidad de vida.

1.6. Luchar contra la incapacidad científica

En la medida que los descubrimientos y sus aplicaciones prácticas han ido aumentando en todos los campos, ha sido necesaria la especialización y la compartimentación de las disciplinas. La necesidad social de avanzar, anticiparse y con ello conseguir el control de los medios de producción y las mejoras que incentiven mayor calidad de vida entre sus ciudadanos han provocado que la carrera tecnocientífica muchas veces no tenga sentido. El conocimiento ha sido impulsado por inversiones que siempre han exigido un retorno para seguir alimentando el

crecimiento de corporaciones y la economía de sus países hegemónicos, los desarrollados. Los científicos han sido alentados a navegar hacia el infinito sin más finalidad que la propia ciencia, con el objetivo de dominar el universo y con el convencimiento corporativo de creerse pequeños semidioses capaces de todo, en la ilusión de que solo la ciencia será capaz de salvarnos, que solo la ciencia es cultura; ante esto, no son necesarios muchos comentarios porque la vida habla por sí sola, y mientras que un organismo complejo como el humano debido a esa complejidad se hace vulnerable a la desestabilización que el propio ser humano crea, la gran masa orgánica del planeta, mucho más simple y adaptable crece ocupando el nicho de nuestra destrucción. No contar con una visión holística, ni colaborar multidisciplinariamente, el desconocimiento histórico, evadir la duda crítica y trascendente que plantea la filosofía, los valores humanísticos y humanitarios, huir de la sensibilidad artística, crea ignorantes con armas capaces destruir el mundo que conocemos.

1.7. Un mundo sucio

Como venimos diciendo quizás sea necesario atravesar el estadio de la contaminación indiscriminada para adquirir conciencia e implementar tecnologías limpias, más seguras y que permitan reutilizar los recursos de la manera menos contaminante y lesiva para los seres vivos. Lo cierto es que a penas la escalada de esa industrialización sin límite ni horizonte de un siglo haya sido suficiente para dejar un rastro indeleble para las generaciones venideras (Cózar, 2005). Los Contaminantes Orgánicos Persistentes y miles de compuestos químicos de evolución desconocida, los efectos de la tecnología nuclear, la contaminación genética, la problemática de los plásticos, etc. Todo ello forma parte del mundo que hemos creado y del que la producción ecológica no puede aislarse; por lo tanto tenemos que aprender a convivir con él, admitiendo su existencia, tolerando cierto nivel de presencia y evitando en la medida de lo posible su dispersión; implementando medidas y técnicas de reducción y descontaminación, pero sobre todo, dándole a los productores la oportunidad de retornar sus suelos y sus cultivos a una situación de equilibrio y convirtiéndolos en los auténticos gestores del medio natural con el que conviven.

2. La producción de alimentos sanos

La alimentación como de base de la supervivencia y el alto impacto de las actividades relacionadas con la producción de alimentos es la relación que une las reivindicaciones ecologistas con las regulaciones estatales que establecen métodos de producción respetuosos con el medio ambiente, la salud de las personas y de los animales.

2.1. ¿Es el ecológico un reglamento ecologista?

Sensible a los movimientos ecologistas, a la problemática social y ante una incipiente proliferación de denominaciones ambiguas que pretendían confundir al consumidor por parte de una industria agroalimentaria que no estaba dispuesta a cambiar, la Unión Europea regula una marca de calidad inconfundible que protege los términos alimento “ecológico”, “biológico” u “orgánico” en todo su territorio. Con pocos meses de diferencia a principios de los años 90 de siglo pasado surgen dos de las principales regulaciones estatales en esta materia, los reglamentos europeo y el norteamericano, con muchos puntos en común. En ambos casos no

se puede decir que sean reglamentos técnicos ni que satisfagan completamente los principios ecologistas. Se trata de un marco legal que establece un sistema producción basado en principios como la protección medioambiental, la eliminación de insumos de síntesis química y de organismos modificados genéticamente, el uso de recursos endógenos y del sistema suelo como elemento básico, el bienestar animal, entre otras muchos aspectos que veremos a continuación; evalúa los riesgos mediante un sistema de autocontrol en la explotación, establece la obligatoriedad de registrar las operaciones, las transacciones y establece un sistema de control y certificación por tercera parte. En esta época en España constituye un gran avance frente a las producciones convencionales que realizaban todas las prácticas de la explotación y manejaban insumos de alta peligrosidad sin ningún tipo de control estatal más allá de los puramente administrativos, no siendo hasta veintiún años más tarde cuando queda regulado el manejo de forma efectiva mediante en RD 1311/2012 de uso sostenible de los productos fitosanitarios o se implementa un sistema de registro de explotaciones agrícolas.

2.2. Tendencias y teorías

Desde el inicio de la industrialización y de la aparición de la agricultura química (Navarro, 2021), unas veces por miedo a lo desconocido y otras por los temores en un conocimiento de consecuencias inciertas, han ido surgiendo distintas corrientes y teorías que han servido de base para los principales reglamentos estatales que protegen la mención orgánica, biológica u ecológica.

Se ha llegado al consenso que es necesario tener una visión holística o de conjunto sobre la integración de las actividades agrarias en el medio ambiente y su protección debido a la repercusión que tienen sobre el conjunto del sistema, siendo necesario evitar la contaminación, como caso más evidente la debida a la síntesis química, o el impacto sobre los ecosistemas a consecuencia de la inadecuada gestión de los recursos naturales, siendo éstos algunos de los problemas surgidos como consecuencia del avance descontrolado de la técnica; en esta línea la manipulación genética con el riesgo de creación de organismos no integrados, desplazamiento de especies y pérdida de biodiversidad, la gestión de la energía por la emisión de gases efecto invernadero y el calentamiento global, u otra consecuencia derivada como es la sequía, entre otros muchos. Algunas de las corrientes de gestión ecológica de las producciones contemplan el aspecto estrictamente medioambiental, otras entran en las técnicas de producción, e incluso algunas, van más allá convirtiéndose en una teoría social.

A veces de estas tendencias surgen de la evolución de las distintas teorías de los sistemas de producción agrarios, pero también como forma de diferenciación, intentando destacar las particularidades que caracterizan al sistema productivo, ya sea desde un punto de vista de manejo o incluso socio-cultural que llegue a implicar la relación con el consumidor. Son múltiples los postulados en torno a principios de la agricultura ecológica como por ejemplo el de Greenpeace (Tirado, 2015); en ocasiones los conceptos se entremezclan no existiendo límites y definiciones claras de los mismos, lo cual puede conducir a confusión, frente a lo cual el establecimiento del marco normativo de los términos que protegen los términos ecológico, biológico u orgánico le permite al consumidor contar con una garantía de base que recoge algunas de estas formas de producir.

2.2.1. Método Fukuoka

Basado en filosofía oriental de su autor Masanobu Fukuoka a lo largo de la primera mitad del siglo XX crea una forma de relación de la agricultura con el medio basado en sus conocimientos científicos y en su trabajo como agricultor. Practicó una agricultura que él llamó agricultura natural, la cual es una forma de dejar fluir, no intervenir permitir que la naturaleza se manifieste, sin transformar la tierra, ni usar fertilizantes, ni pesticidas, sin eliminar hierbas ni realizar podas. Basado en conocer las interacciones entre las plantas y su entorno natural y la fertilidad de la tierra imitando los procesos naturales (Fukuoka, 1995).

De esta filosofía se desprenden algunas corrientes y técnicas de cultivo como la permacultura o el no laboreo.

2.2.2. Permacultura

Se puede interpretar como agricultura permanente partiendo de los postulados del japonés Fukuoka el cual crea un concepto distinto de entender la relación con el medio natural. Se habla de este término en 1978 al ser utilizado por Bill Mollison y David Holmgren en 1978 como alternativa a los sistemas industriales que están produciendo la pérdida de suelo y de biodiversidad. La permacultura recrea condiciones naturales intentando acompañar a los procesos naturales que ocurren en ella mediante la creación de un sistema en el que las producciones son un elemento más que forman parte del mismo y que lo acompañan. Su aportación más relevante es la ser facilitar el diseño de explotaciones sostenibles que amortiguan y minimizan la actividad agropecuaria creando zonas de transición e intentando imitar a la naturaleza con zonas de sotobosque, acopio de material, huerta, etc., teniendo muy presente y utilizando en beneficio del sistema, la asociación de cultivos que van a actuar de forma sinérgica. Un ejemplo serían los cultivos de selva mediante especies integradas en este ecosistema porque forman parte del mismo, en él se respeta la biodiversidad y la acción del hombre no se opone a la de la naturaleza talando, roturando y eliminando especies, sino fomentando la aparición de nuevas para ser recolectadas o para ayudar a mejorar el medio productivo. La gestión de la energía de manera autosuficiente tiene una gran importancia en el sistema (Mollison y Holmgren, 1978). Esta teoría se empieza a gestar con reacción a la aparición de la agroindustria y a los efectos contra la biodiversidad con el fomento de monocultivos pero de forma efectiva se extiende su práctica a partir de los años setenta del siglo XX y llega al siglo XXI con la mercantilización del concepto y la disputa de sus principales promotores por el uso de esta denominación como concepto de organización social para la transformación a las comunidades en sostenibles, habiendo tenido un desarrollo muy teórico y academicista en el que se han llegado a reclamar derechos de marca y de propiedad intelectual, lo cual sin duda a pesar de no haber prosperado ha menoscabado la difusión del propio sistema.

2.2.3. Agricultura regenerativa

Es una tendencia relativamente joven, ya que surge en Estados Unidos en los años ochenta del siglo XX como evolución del concepto orgánico y fijando la importancia del suelo cuyo cuidado es fundamental para cualquier proceso agropecuario humano, siendo el regulador de la actividad de los procesos vitales para el ser humano sobre el planeta en lo que afecta a su subsistencia. De alguna forma la agricultura regenerativa pretende compensar los posibles perjuicios ocasionados en el medio por las actividades humanas devolviendo al suelo su

productividad, adaptando las características del terreno a las del lugar donde se encuentra consiguiendo con ello mejorar la resiliencia a fenómenos como la sequía o el cambio climático. Se trata de una visión holística del suelo desde el punto de vista de la funcionalidad de éste y de su integración con la actividad humano, teniendo en cuenta a las personas que forman parte del mismo, procurándole unas condiciones de vida dignas (Álvarez, 2015).

Para ello se vuelve a técnicas que minimizan el impacto sobre la estructura del suelo evitando la acción mecánica sobre el mismo mediante un laboreo mínimo, conservación de acequias, seguimiento de las curvas de nivel, empleo de cubiertas vegetales y por supuesto el no empleo de productos químicos. También se integran las actividades forestales y ganaderas dentro de las explotaciones, a la vez que se fomenta la biodiversidad, se realizan rotaciones que diversifican la actividad del suelo, se mantienen cubiertas vegetales, se restauran paisajes. Se lleva al máximo el reciclaje y se composta en la medida de lo posible, incrementando la actividad biológica del suelo y la captación de carbono. La productividad se basa más en el aporte mediante entradas de la propia explotación que en insumos externos (Shepard, 2017). Lo que en la agricultura orgánica regulada es una opción en la agricultura regenerativa se convierte en obligación.

En España un buen ejemplo es el llevado a cabo sobre el territorio por la asociación ALVELAL en las zonas degradadas y semidesérticas en las comarcas del Altiplano granadino, los Vélez en el Norte del Almería y Suroeste de Murcia.

2.2.4. Agricultura orgánica-biológica

En los que se pueden considerar inicios inmediatos a la concepción actual de la agricultura ecológica reglamentada, surgiendo una serie de autores que van conformando el germen de asociaciones y foros de discusión sobre nuevas técnicas que se alejen de la agricultura industrial a la par que se está gestando como resultado de la aplicación de la tecnología química la llamada Revolución Verde (González, 2021). La preocupación por la degradación del suelo y la producción intensiva se recoge en distintos países y protagonistas. Albert Howard con su libro Testamento Agrícola en 1940 conteniendo experiencias sobre compostaje, junto a las experiencias en este sentido de Eve Balfour en la misma época. La microbiología del suelo estudiada por Hans Peter Rusch en Alemania junto con la apuesta de Hans Müller en Suiza da lugar a la fundación de la asociación de productores Bioland. Claude Aubert en uno de los precursores en Francia y J.I. Rodale en EEUU difunde estas técnicas dando lugar a la agricultura regenerativa (Martínez, 2004).

2.2.5. Agricultura biodinámica

Hoy en día es la marca del sistema de producción seguido por una asociación que lo avala, Demeter, cuya diferenciación principal en el aspecto productivo es el de tratarse de un tipo de agricultura basada en principios esotéricos. Utilizando en las teorías de su fundador Rudolf Steiner a principios del siglo XX el cual sigue distintas corrientes de pensamiento en una época tumultuosa de florecimiento de la ciencia contemporánea, siendo un erudito multidisciplinar que asimila las corrientes orientalizantes, espirituales y espiritistas en las que milita de la mano de conocidos líderes para finalmente crear su propia teoría, la antroposofía, con la que pretende elevar al grado de ciencia un mundo espiritual que él llama suprasensible, el cual describe tan real como el que percibimos y al que se solo se puede llegar a través de un camino iniciación.

Esa curiosa creación que pretende elevar a ciencia lo espiritual se debe a que en este momento todo es ciencia y técnica, Tesla y Edison pugnaban por iluminar el mundo, Einstein revolucionaba la concepción de la ciencia y del universo y a final de los años veinte Fleming salvaba la vida de miles de personas. Steiner que ante todo es un filántropo, dedica gran parte de su vida en desarrollar esta teoría que pretende extender a todos los órdenes de la vida, incluso a la organización social y de la misma forma aplicarlo como solución a cualquier inquietud que le plantean medicina, educación, arte; en el caso de la agricultura, el interés de unos agricultores de la actual Polonia que veían deteriorarse el suelo por un uso inapropiado de fertilizantes químicos, propicia una serie de conferencias que le sirven para establecer una forma de cultivo basado en una serie de rituales como forma de canalizar la energía cósmica para su aprovechamiento por el organismo granja (Martínez, 2004). A lo largo del siglo XX los adeptos a estas teorías le han ido dando forma intentando buscar pruebas y explicaciones a lo que son fórmulas reveladas a su autor, creando documentos como el calendario de Maria Thun, una acérrima seguidora que se dedicó a probar y establecer fechas de siembra relacionándolas con el movimiento de los cuerpos celestes y constelaciones zodiacales. Lo que suele llamar más la atención son los preparados siguiendo rituales, como el de enterrar cuernos de vacas paridas rellenos de boñiga y polvo de sílice, tras una estación, disolver el contenido en agua durante una hora, girando con un palo en sentidos alternativos hasta crear un vórtice, lo que se llama dinamizar, y aplicarlo en gotas que no se rompan (Asociación de Agricultura Biodinámica de España, 2013), no con fines terapéuticos porque no se pretende cubrir las plantas y las proporciones son centesimales, sino para que el suelo reciba la energía estelar y active los mecanismos que permitan obtener una buena cosecha, siendo ésta una posible explicación, ya que la citada discípula reconoce no tener respuestas (Barasoain, 2001), es simplemente una creencia. El no uso de productos químicos, y la aplicación de esta serie de preparados que en cualquier caso resultan inocuos y admitidos en el reglamento europeo, ofrece cierta seguridad para algunos consumidores, el hecho de que deberían ser granjas autosuficientes con todo el beneficio que esto produciría en caso de cumplirse esta premisa, unido al requisito establecido por la asociación Demeter Internacional de que previamente se trate de explotaciones certificadas bajo el control oficial del reglamento europeo da suficiente garantía para la puesta de estos productos en el mercado con la mención de ecológicos.

2.2.6. Agricultura de conservación

La FAO como organización perteneciente a Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, con una necesaria vocación de atender a las necesidades de los países pobres, propone medidas para mejorar la agricultura como primer paso que permita conseguir la prosperidad en estas regiones, intentando aplicar las técnicas novedosas a las particularidades de las mismas, evitar la pobreza y con ello alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En este sentido se plantea la adopción de un sistema de cultivo que fomente la alteración mecánica mínima del suelo, el mantenimiento de una cobertura permanente de los suelos y la diversificación de los cultivos. Lo más importante es evitar la pérdida de los mismos y fomentar la fertilidad, así como aplicar técnicas adecuadas. Se favorece la biodiversidad y los procesos biológicos naturales en el suelo, para aprovechar el agua y tener mayor eficiencia en el uso de nutrientes y la mejora y sostenibilidad de la producción. Para ello se laboreo lo mínimo, se mantiene la cobertura vegetal, y se recurre a los sistemas tradicionales de rotación de cultivo.

1. Panorama general

Sin embargo este modelo de desarrollo postulado para permitir el desarrollo de países pobres no debe ser propuesto sin más en países tecnológicamente desarrollados como forma de mantener o aumentar la intensificación de las producciones ya que de la misma forma que en la otra agricultura se espera un desarrollo sostenible basado en la mejora del suelo en la desarrollada se espera mejorar no tanto la cantidad, sino la calidad de los alimentos y del medio ambiente reduciendo en gran parte la intensificación y el uso de insumos que produzcan alteraciones medioambientales, nitrificación, contaminación, pérdida de suelo fértil, desestructuración, etc. O sea, no se puede pretender enmascarar la intensificación necesaria para una agricultura de subsistencia en producciones altamente intensivas en el mundo desarrollado bajo premisas de sostenibilidad.

2.2.7. Agroecología

Al igual que el resto de tendencias y postulados que aparecen como alternativa a la industrialización, comienza a emplearse el término agroecología durante el primer tercio del siglo XX y se consolida a nivel práctico previo a la aparición de reglamento de producción ecológico europeo a finales de los años ochenta. Como síntesis de las inquietudes en torno a la producción ecológica tanto en lo relativo a las técnicas de cultivo respetuosas y respuestas científicas dando especial relevancia al aspecto social, al tiempo que en sí mismo se constituye en un movimiento social, surge la agroecología.

Entendido como un movimiento social en defensa de la justicia social, la identidad y la soberanía alimentaria, la FAO, trata la agroecología desde un enfoque holístico de los principios ecológicos en el diseño y la gestión de los agrosistemas para hacerlos sostenibles (FAO, 2018).

La agricultura ecológica asegura alimentos sanos, protege el suelo, el agua y el clima, no contamina, promueve la biodiversidad evitando el uso de agroquímicos de síntesis y transgénicos. La agroecología tiene en cuenta a las personas, tanto los productores como quienes consumen los productos, minimizando los intermediarios, permitiendo el desarrollo de las comunidades y tratando la soberanía alimentaria (Martínez, 2004) como un derecho irrenunciable.

La descripción de la FAO en su guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrarios sostenibles, establece diez puntos que caracterizan a la agroecología: la diversidad, el intercambio del conocimiento, buscar sinergias, la eficiencia por medio de los recursos endógenos y con ello el reciclado, aumentar la resiliencia de los agrosistemas en todos sus aspectos, promover los valores humanos y sociales, mantenimiento de la cultura y tradiciones alimentarias, la gobernanza responsable, así como crear una economía circular y solidaria (Centro de conocimientos sobre agroecología., s.f.) .

2.2.8. Decrecimiento

En torno a 1970 es un momento de crisis energética y temor en el que comienza a revisarse la viabilidad del modelo capitalista, apareciendo un movimiento contrario al liberalismo económico y como respuesta al hecho de que es imposible que la economía crezca indefinidamente dentro de un sistema de recursos finitos como es el planeta, surge este término que pretende adaptar la realidad y el bienestar social a unos niveles ecológicamente sostenibles. De la mano de UNESCO en 2002 varias corrientes de pensamiento Georgescu Roegen, Cornelius

Castoriadis e Iván Illich, hacen los planteamientos iniciales proponiendo distintas teorías que finalmente reciben un impulso definitivo con Serge Latouche sus artículos publicados en 2003 y 2006 en el que todas estas corrientes quedan definidas por el término decrecimiento, haciéndose compatible el desarrollo racional e igualitario con las capacidades del planeta (Rodríguez, 2015). No parece sencillo revertir conceptos que se han implantado durante generaciones y que han pasado a ser la razón de existir de las sociedades contemporáneas satisfaciendo instintos profundos de la condición humana: nos autocomplacemos pensando que se trabaja por el bien común, pero a la vez se fomenta la obtención de beneficios que den la posibilidad de concentrar el poder y de distinguirse individualmente sobre ese grupo como forma de ascender en la escala social. En este contexto oligopolista se propone la ardua tarea de disminuir el consumo, controlar la producción y supeditarla a la conservación de los recursos, de durabilidad y máxima eficiencia y cambiar el comentado concepto de status, optando por aptitudes como la conocida como simplicidad voluntaria. Es evidente que muchos de estos conceptos serán impuestos por un decrecimiento forzado debido al necesario reciclado y a la escasez de recursos.

2.3. Los inicios de la regulación ecológica

El auge de la producción ecológica como consecuencia de los movimientos sociales que se vienen exponiendo se plasma con un hecho significativo como es la creación de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica (IFOAM) que se crea en Francia en el año 1972 y a lo largo de estos años ha ido integrando a distintas organizaciones como entidad representativa de la producción orgánica a nivel mundial contando en la actualidad con más de 700 afiliados.

En España la Orden de 4 de octubre de 1989 por la que se aprueba el Reglamento de la Denominación Genérica «Agricultura Ecológica» y su Consejo Regulador es el inicio de la producción ecológica. Posteriormente con la entrada en vigor del primer reglamento europeo Reglamento (CEE) nº 2092/91 del Consejo, de 24 de junio de 1991, sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, que en España se desarrolla mediante el Real Decreto 1852/1993 que crea el Comité Regulador de la Agricultura Ecológica adscrito al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El Comité Andaluz de Agricultura Ecológica fue el primero en constituirse el 26 de julio de 1991, siendo reconocido más tarde como entidad de control, permitiendo que los primeros productores ecológicos pudieran cumplir con los requisitos del reglamento europeo (Manual Básico de Agricultura Ecológica, s.f.). CAAE en años sucesivos evolucionará separándose de la administración autonómica y convirtiéndose en una entidad privada de control y certificación, Servicio de Certificación CAAE, S.L.U., cuya propietaria es la asociación sin ánimo de lucro ECOVALIA, habiéndose convertido en una certificadora de referencia que ofrece sus servicios en diversos territorios en el ámbito nacional y en distintos países. En tanto que algunas comunidades autónomas han evolucionado apostando por la producción ecológica creando planes estratégicos y liberalizando las tareas de control y certificación como han sido además de Andalucía, Castilla-La Mancha, Castilla y León y Aragón, el resto continúan bajo el control de las propias comunidades autónomas.

2.4. La producción ecológica hoy

En los treinta años de entrada en vigor del reglamento europeo la producción ecológica no ha parado de crecer a nivel mundial, tanto en superficie, con más de setenta millones de hectáreas, como en comercio, superando los cien mil millones de euros y creciendo a un ritmo cercano al diez por ciento anualmente. Estados Unidos es el gran mercado superando el 40% del consumo mundial, seguidos de Europa con Alemania y Francia a la cabeza con un 11% cada uno. En este ranking de consumo España ocupa un humilde pero meritorio 2% estando en el puesto décimo a nivel mundial. Sin embargo, España es uno de los grandes productores mundiales, el tercero, llegando a los 2,3 millones de hectáreas en el año 2019; y dentro del país, Andalucía lidera con diferencia al ocupar el 45% de la superficie de cultivos ecológicos nacionales seguida por Castilla-La Mancha con un 17,3% y Cataluña con un 10,5%. En relación con esto está el número de productores ecológicos que en 2020 era de 44490, creciendo un 6,3% con el año anterior. La superficie agraria útil que ocupa la producción ecológica dentro del total nacional es del 10% (Ecovalia, 2021).

La estructura industrial del sector en España la integran 5561 operadores industriales, siendo las principales actividades las de manipulación, hortofrutícola, las conservas, bodegas y almazaras de aceite que superan el millar de establecimientos en cada caso. De los 1908 mayoristas distribuidores el 30% se encuentran en Cataluña y entorno al 20% en Valencia y en Andalucía respectivamente (MAPA (b), 2021).

La Figura 1 representa la evolución del número total de operadores en España junto al PIB per cápita tanto de España que representa la situación económica que puede afectar a la inscripción de operadores de producción ecológica y el de Alemania como país representativo por el volumen total de exportaciones ecológicas; comprobando que ambas circunstancias son complementarias, el estancamiento de 2012 corresponde con un ligero descenso económico en España que puede haber condicionado la incorporación de nuevos operadores, pero que en apenas tres años remonta y sigue una evolución paralela al crecimiento del PIB de Alemania, lo que puede indicar influencia de las exportaciones en el incremento de operadores; es significativo el hecho que se ha constatado en el sector, de que la crisis de la COVID-19, que en el caso de España ha desplomado los valores un -11% y un -4,7% en el caso de Alemania, no ha detenido el crecimiento del número de operadores que se venía produciendo en años anteriores en torno a un 6%, lo cual indica que el consumo de productos ecológicos se ha incrementado en este periodo ya que los precios sabemos que no han crecido en la misma proporción.

La Tabla 1 ilustra la situación de las comunidades autónomas por cada uno de los servicios en el año 2020, observándose la importancia de Andalucía en la producción y de Cataluña en la elaboración y comercialización de los productos.

El Ministerio de Agricultura de España ha valorado en su informe 2021 sobre la producción ecológica que el objetivo estratégico establecido por la UE de llegar al 25% de la SAU ecológica para 2030 es perfectamente asumible, suponiendo una activación económica de gran importancia para el país.

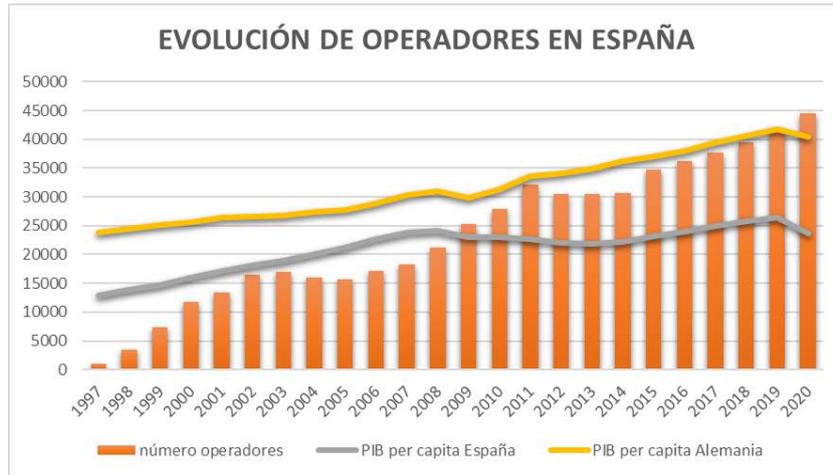


Figura 1. Evolución de los operadores de producción de ecológico en España. Fuente: Banco Mundial (2021); MAPA (2021a)

Tabla 1. Número de operadores por actividad de agricultura ecológica en 2020 (MAPA; 2021a)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	PRODUCTORES AGRARIOS							CONTRIBUYENTES				TOTAL	
	A	B	C	TOTAL	D	E	F	G	H1	H2	H3		
ANDALUCÍA	11.606	1.037	1.418	14.061	1	929	97	68	244	2		246	17.721
ARAGÓN	958	0	48	996		185	7		31			92	1.211
ASTURIAS	116	288	51	455	1	79	2		15	364	1	184	331
BALEARES	536	1	264	801		91	4		21	61	6	92	998
CANARIAS	1.337	13	72	1.422	1	229	0		20	203	1	225	1.646
CANTARIA	92	208	19	319	1	57	0		1	1	1	13	378
CASTILLA LA MANCHA	1.351	31	177	1.559	1	457	39	1	141			141	1.613
CASTILLA Y LEÓN	1.131	52	69	1.252		285			31	1	15	86	1.338
CATALUÑA	2.854	19	303	3.176		1.281	122	36	587	16		613	3.807
EXTREMADURA	1.716	78	138	1.932		178	1	25	91			97	1.939
GAUCÍA	156	123	67	346	136	133	18		74			74	1.225
MADRID	180	18	1	219		138	11		34			94	478
MURCIA	1.148	0	5	1.153		397	9		131			131	1.481
NAVARRA	496	0	62	558	1	179	0				31	36	761
PA ISLAS	164	0	1	165	1	138	0		28	0		28	478
PALENCIA	189	40	15	244		207	19		17	29		46	371
C. VASCOS	1.754	15	15	1.784	1	547	89	16	390	15		481	1.961
TOTAL NACIONAL	29.382	1.493	1.208	32.083	170	5.261	412	248	1.900	218	73	2.391	34.825

Nº de operadores de agricultura ecológica por actividad y por cada una de las comunidades autónomas.

A. Productores Agrícolas B. Productores Ganaderos C. Productores Agrícolas y Ganaderos D. Entidades de Producción Agrícola E. Elaboradores/Transformadores F. Exportadores G. Exportadores H1: Mayorías H2: Minorías H3: Otros Operadores

3. ¿Qué es ser ecológico?

Un producto ecológico va más allá del hecho de no tener residuos, y de hecho un producto ecológico no es ajeno a la multitud de contaminantes con los que convivimos. Por lo tanto, vayamos un poco más lejos al hablar de producto ecológico y entendamos que es un sistema de producción, sobre todo y ante todo documentado. Se documenta el proceso desde antes de la plantación o el nacimiento de los animales en el caso de ganadería y hasta la puesta en el mercado para comprobar que ha seguido el método de producción y que todas las partes de la cadena han mantenido la integridad del mismo.

3.1. Bases legales de la producción ecológica

En el año 2018 se aprobó un nuevo reglamento para Europa que sustituyó al del año 2007 R(CE) 834/2007, conservando la esencia de los dos anteriores desde que naciera en 1991 pero

1. Panorama general

actualizando algunas cuestiones como la incorporación de nuevos productos certificables, más allá incluso de los propios alimentos, como son la sal o el corcho, consideraciones específicas en las normas de producción, un tratamiento más concreto del material de reproducción vegetal, la posibilidad de certificación grupal y el refuerzo del control, entre otros. Pero la base y los principios han continuado siendo los mismos.

“La producción ecológica es un sistema general de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas en materia de medio ambiente y clima, un elevado nivel de biodiversidad, la conservación de los recursos naturales y la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y sobre producción que responden a la demanda, expresada por un creciente número de consumidores, de productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales” (Parlamento Europeo, 2018).

Este es el primer párrafo del R(UE) 2018/848, una declaración de intenciones que se extiende a lo largo de 124 apartados, a lo largo de los cuales se recogen las consideraciones que han sido tenidas en cuenta a la hora de plasmar las normas de producción europea. Como resumen se puede decir que se aparecen, además de las cuestiones medioambientales y de bienestar animal, a las personas y el marco sanitario para alimentos de la UE. El reglamento está en consonancia con los objetivos de la política agraria común, la PAC, siendo un sistema regulado legalmente alineado con los objetivos de sostenibilidad de ésta, pretendiendo que no solo los consumidores se vean beneficiados, sino también los productores mediante una política de ingresos justa. Para ello, otra de las cuestiones es procurar una comercialización adecuada mediante una competencia que ofrezca información transparente y dé confianza a los consumidores evitando prácticas desleales. Se busca la creación de una economía ligada a la innovación y asentada en los territorios de manera que se fomente la creación de empleo y de cadena de valor.

Reconoce el propio reglamento que ya no se trata de una moda y que en los treinta años que han llevado hasta la entrada en vigor del tercer reglamento, la superficie y el consumo de productos ecológicos ha experimentado un gran crecimiento con previsión de que el mismo siga progresando.

Se justifica la demanda que muchas veces los consumidores o los manipuladores plantean sobre la incursión de la caza y la pesca que por no ser procesos controlados no resulta procedente su inclusión y en este sentido denota el papel de la regulación en garantizar la calidad de los alimentos tanto para consumo humano como animal. También en lo referente a la restauración, no incluyéndola y por tanto no precisando que obligatoriamente sea controlada ya que la legislación horizontal garantiza la venta de comida en estos establecimientos.

El obligado rigor y la armonización en los métodos de producción en toda la Unión Europea son necesidades que se imponen en el reglamento que está basado en la confianza de los consumidores a los que se debe ofrecer productos de calidad y sostenibles que respeten todos los requisitos establecidos por la legislación que afecta a los ámbitos de la seguridad de la cadena alimentaria, la sanidad y el bienestar de los animales, la sanidad vegetal, los materiales de reproducción vegetal, el etiquetado y el medio ambiente.

Otras cuestiones importantes son las referentes a la **comercialización** de productos procurando una renta justa para los productores y con el fomento de los canales cortos.

En relación con los **métodos de producción** los principios siguen siendo los que hacen más de treinta años se establecieron en el primer reglamento, dándose gran importancia a la elección del material vegetal seleccionado y su adaptación al entorno tanto edafoclimático de cara a la resistencia a las enfermedades, favoreciendo la biodiversidad y procesos de obtención de variedades acordes con las posibilidades que de forma natural ofrecen las especies. Aunque han transcurrido ya bastantes años y aunque el auge de la producción ecológica ha venido experimentando un crecimiento imparable, la transformación de todo un sistema productivo orientado hacia la productividad no es sencilla, siendo muchas veces necesario el relevo generacional para propiciar el cambio de mentalidad desde la cantidad hacia la calidad, entendida ésta como un concepto global que tiene en cuenta la salud de las personas y de los demás seres vivos, lo cual pasa por favorecer la biodiversidad y limitar las actuaciones que dañan la vida como son la contaminación y la esquilmación de los recursos. Por este motivo la producción ecológica debe considerarse aún muy joven y se debe permitir que progresivamente los sistemas convencionales se adapten y ayuden al propio sistema de producción ecológica a crecer. Por este motivo también son muy variadas las iniciativas estatales que vienen guiando a los productores hacia este camino, como el fomento de agrupaciones de productores bajo supervisión técnica, apoyo a los sistemas y métodos de producción preventivos, sistemas que vayan introduciendo a los productores en los registros de operaciones y reducción de plaguicidas como ocurre en la producción integrada, proponiendo la adopción de medidas estructurales dentro de la política agraria europea, las cuales deben apuntar irremediamente a la producción ecológica como modelo de sostenibilidad. Por estos motivos el reglamento ecológico en Europa aún admite, siempre que esté debidamente controlado, la posibilidad de simultanear producciones ecológicas y no ecológicas para un mismo operador.



Figura 2. La ganadería ecológica es un tipo de producción extensiva que combina las mejores prácticas para conseguir productos de máxima calidad teniendo como base la fertilidad del suelo y el bienestar animal

Los **insumos** son uno de los aspectos más sensibles en la producción ecológica debido a la limitación en su uso y las características que deben cumplir los mismos. Existe un listado de sustancias admitidas para cada uno de los usos previstos en el reglamento y clasificados según su función: fertilizantes, fitosanitarios, desinfectantes, etc. Sin embargo, el propio reglamento de producción ecológica no regula los requisitos que se debe cumplir en la fabricación, etiquetado y comercialización de los insumos que contienen esas sustancias permitidas, siendo

normalmente los organismos de certificación autorizados los que por su nivel de conocimiento y profesionalidad avalan este tipo de insumos. Debido al gran número de autoridades competentes que existen en España y la diversidad de criterios de aplicación normativa y de organismos de control, surgió la necesidad de establecer una regulación para los tipos de insumos más utilizados como son fitosanitarios y fertilizantes cuya interpretación técnica resultaba especialmente compleja para autoridades cuya competencia técnica no es específica en estos temas, por lo que el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España promovió una normativa de referencia que permite la unificación de criterios y la garantía de que sean organismos de certificación supervisados externamente mediante una acreditación que certifique la conformidad de los insumos utilizables en la producción ecológica, dichas normas son la UNE 142500 para fertilizantes, enmiendas y sustratos y la UNE 315500 sobre productos para la gestión de plagas y enfermedades además de la UNE 66500 que regula los requisitos que deben de cumplir los organismos de certificación, la cuales a pesar de su carácter voluntario están llamadas a convertirse en un requisito necesario para comercializar insumos utilizables en producción ecológica. Una cuestión está clara y las normas UNE garantizan esta circunstancia, que los insumos utilizables en la producción ecológica deben cumplir con los requisitos y autorizaciones establecidas por las autoridades europeas y las establecidas por los estados miembros en cada caso, siendo los ecológicos requisitos adicionales sobre los mismos. Las normas UNE de insumos se publicaron en 2017 siendo el organismo de control y certificación CAAE el primero en acreditarse en 2020 al tiempo que renunciaba a su norma privada y a partir de 2022 solo reconocía como válidos los insumos certificados bajo la misma o normativas extranjeras convalidables.

Referente al reconocimiento ecológico de las explotaciones, tradicionalmente se viene estableciendo el llamado **periodo de conversión** que es uno de los aspectos más conocidos del reglamento. Son recurrentes las consultas sobre las formas de reducir o evitar dicho periodo, pero lo cierto es que se trata de un requisito necesario para reconocer como ecológicas las producciones tanto agrícolas como ganaderas existiendo distintos periodos según el tipo, en el caso de producciones agrícolas está en tres años para producciones plurianuales y dos para anuales, se trata de un plazo legal mínimo pero que también pretende evitar posibles contaminaciones previas, cabiendo la posibilidad de ampliarlo si ésta persiste. Cabe la posibilidad de solicitar la reducción de periodo de conversión, la cual solo se admitiría si se pudiera demostrar que esa zona no ha sido cultivada previamente o ha estado en abandono durante más de tres años, para lo que cada autoridad competente solicita una serie de evidencias que lo demuestren, por lo general basándose en el informe de un organismo de control autorizado. Durante el periodo de conversión no se pueden comercializar dichos productos ni siquiera con la mención de conversión excepto en el caso de vegetales monoingredientes en los que después de un año sí podría mencionarse en el etiquetado dicha circunstancia.

El concepto de producción ecológica se define por una serie de requisitos que de forma más o menos objetiva, pretendiendo seguir criterios científico-técnicos y éticos, tengan en cuenta principios de precaución frente a la salud de los seres vivos, teniendo en cuenta también la diversidad de pensamiento, la transparencia, la libertad y la voluntariedad tanto del que produce como del que adquiere el producto; y una parte muchas veces controvertida de dicha definición es la **modificación genética** dirigida de las características biológicas de los seres vivos. En este

sentido, la producción ecológica como en otros aspectos, pone un límite prohibiendo el uso de radiaciones ionizantes, la clonación de animales, poliploides inducidos artificialmente y en general los organismos modificados genéticamente. Casi todos los alimentos son el resultado de procesos que se dan de forma natural, como son la selección de las especies mejor adaptadas cuyos cambios proceden muchas veces de mutaciones que ocurren por la confluencia de ciertos fenómenos ambientales, o procesos como la hibridación, que a pesar de poder darse de forma espontánea, el ser humano ha sabido dirigir hacia la mejora adaptativa para aumentar la calidad y la cantidad de alimentos, e incluso muchas veces la propia comestibilidad de los mismos. Pero hasta cierto punto, replicar la naturaleza ha permitido históricamente que la producción humana conviva con ésta, y no solo eso, sino que el propio entorno sirva de soporte, amortigüe los efectos negativos de la actividad del hombre y a la vez mejore las producciones. Como toda actividad incontrolada que no tiene en cuenta las consecuencias, la modificación masiva del mayor patrimonio de los seres vivos por ser la herencia evolutiva que les ha permitido perpetuarse, como es el genoma, ha de tratarse con cautela ya que la tecnología actual permite crear nuevos seres, que incluso, siendo aparentemente iguales, sean completamente distintos, e incluso letales para los de su especie.

El ecológico es sobre todo un reglamento preventivo. Para ello es necesario conocer el entorno y los factores productivos identificando los riesgos y poniendo las medidas para que los mismos no lleguen a convertirse en un peligro. El **principio de precaución** se aplica hoy en día a muchos ámbitos y actividades de nuestra vida, tanto a la salud, como a actividades cotidianas, prevenir resulta siempre más eficaz y rentable que reparar las consecuencias, prevenir es mejor que curar (Cózar, 2005). La agricultura del pasado siglo basó gran parte de sus resultados en estrategias de choque utilizando medios agresivos de manera masiva. Esto, referido a los plaguicidas, por ejemplo, hacía que, en ocasiones, debido a coste del producto, de su aplicación y de los plazos de tiempo necesarios para poder comercializar, fuera más rentable atacar una plaga una vez que estuviera bien extendida que no en focos o estadios iniciales, sistematizando de esta forma la producción. La estrategia ecológica es la opuesta, es la del estudio y el conocimiento buscando soluciones localizadas y lo menos agresivas posible, es la aplicación de un método basado, por tanto, en la ciencia y en la aplicación de la misma por medio de la tecnología. Y esto se aplica a toda la cadena, desde antes de la plantación o la cría con el control del material de reproducción, hasta al proceso productivo, procesado y puesta en el mercado y no solo en la producción y manipulado de materias primas, sino también en la trazabilidad y la calidad del producto.

Definamos el **suelo vivo**, porque es la base real de la producción ecológica en Europa. Sabemos que la degradación de los materiales rocosos a lo largo del tiempo y por diversos factores, físicos, químicos y biológicos producen ese material homogéneo y sujeto al capricho de la naturaleza, formado por partículas de distinto tamaño pero capaces albergar aire y retener agua, dando cabida a gran diversidad de seres vivos, mayoritariamente microscópicos pero que al mismo tiempo también es colonizado por pequeños animales y plantas: sabemos que eso es un suelo (FAO, 2015). Los suelos vivos tienen la capacidad de permitir la vida y de regenerarse, pero no solo ellos, sino también de regenerar toda la vida del ecosistema del que forman parte, son el soporte, el filtro y el reactor bioquímico que permiten reciclar muchas de las sustancias que de otra forma sería contaminantes con ciclos importantes como los del carbono o nitrógeno. Entendiendo esto, no son necesarias más explicaciones: el reglamento europeo de producción ecológica está orientado a preservar la salud de los seres vivos a través de los suelos. Por este

motivo se prohíbe la producción hidropónica, en contenedores o cualquier otro medio que impida la continuidad con el subsuelo que debe estar en contacto con la roca madre. Casos particulares es la reproducción de plantas en semilleros previa al trasplante en el cultivo final, o la posibilidad que el último reglamento incorpora de incluir ciertos cultivos que se producen en agua, plantas que adquiere el consumidor en maceta como son las ornamentales o aromáticas y que pueden seguir el método de producción ecológica.

El suelo es por tanto el soporte de la actividad agrícola y también ganadera y por este motivo es imprescindible ligar la actividad pecuaria al mismo no siendo viables producciones ecológicas que no cuenten con superficies asociadas, incluso en el caso de la apicultura la zona de pecoreo dependerá de la salud del suelo a pesar de que no sea necesario en el caso de zonas naturales que las mismas se encuentren certificadas.

El **material de reproducción vegetal** es una de las mayores preocupaciones de las autoridades europeas, y en concreto las semillas por la degradación y pérdida que se viene produciendo además de una situación de apropiación y dependencia de variedades con fines agrícolas. La única forma de conservar el patrimonio genético es cultivándolo. Variedades que a lo largo del tiempo no han sido promocionadas por las redes de distribución comercial que ha podido perseguir intereses de pura rentabilidad económica por la conservación, uniformidad, aspecto, forma, productividad, etc., hace que el consumo se haya estandarizado y lo minoritario desaparezca. De aquí un interés en recuperar los circuitos locales y al mismo tiempo dar cabida al llamado materia heterogéneo que el actual reglamento 2018/848 establece, permitiendo su uso como manera de protegerlo.

De la misma forma, la producción ecológica vela por la **variabilidad genética** del ganado regulando la creación de los rebaños y permitiendo en condiciones controladas la incorporación de ejemplares procedentes de la convencional que mejoren las estirpes y consigan mejor adaptación a las condiciones locales permitiendo animales resistentes a enfermedades. Se promueve la alimentación de la propia explotación siendo ideal una gestión extensiva de la misma, pero se permite la incorporación de piensos ecológicos y se establece la posibilidad de excepciones para casos de sequía o escasez de suministro. El objetivo de la ganadería ecológica es conseguir el bienestar animal pleno, y para ello se promueven todas las condiciones de adaptación al medio natural evitando prácticas que puedan producir falta de libertad o maltrato, como atados, mutilaciones o situaciones de estrés.

En lo referente a **la caza y la pesca** no entran dentro del ámbito de la certificación ecológica europea por no tratarse de producciones y por lo tanto alimentos controlados. Sin embargo, si existe una preocupación medioambiental por estas actividades y en el caso de la pesca se ofrece la alternativa de disminuir la presión sobre la explotación de los recursos marinos mediante la acuicultura que sí está regulada dentro del reglamento.

El **vino** es un caso particular en nuestra tradición cultural y de la misma forma lo es en el reglamento, ocupando una categoría específica como producto transformado, el cual debe partir de materias primas ecológicas y procesos naturales, huyendo de cualquier tecnología que desvirtúe el proceso tradicional de obtención pero sin renunciar a las mejoras tecnológicas en lo referente a equipamiento, sistemas de control, análisis y métodos de conservación que al igual que en otros productos permiten minimizar el uso de insumos (Figura 3).



Figura 3. Las menciones ecológico, bio u orgánico están reservadas a los alimentos certificados que cumplen con el reglamento. El vino se trata de manera particularizada en el nuevo reglamento

En lo referente al **transporte** de un producto ecológico, no es necesario que sea completamente independiente del no ecológico, pero será necesario garantizar la separación necesaria para evitar cualquier tipo de mezcla o posible contaminación de los productos.

Históricamente el Reglamento ha dado mucha importancia a la **información y a la transparencia** y por este motivo obliga a los Estados a contar con bases de datos que informen sobre el estado de la certificación de los operadores, los productos y superficies asociadas. En este sentido da máxima importancia al intercambio de información entre los distintos actores que conforman el sistema, tanto operadores como autoridades competentes y organismos de control y certificación. Este intercambio de información obliga a los operadores a comunicar cualquier incidencia o sospecha de incumplimiento, a no comercializar el producto e investigar la misma hasta disiparla por completo. También obliga a los organismos de control a iniciar la investigación con la mayor rapidez posible empleando métodos y herramientas adecuados y proporcionales a la importancia del posible incumplimiento detectado informando de los resultados en el menor tiempo posible. En el caso de sustancias no autorizadas descartar dicha presencia o en su caso determinar el origen y delimitar el alcance de las mismas por la posibilidad que pueda afectar o no a más productos es fundamental.

La popularmente conocida como eurohoja es el **logotipo** que identifica a los productos ecológicos producidos de acuerdo con los métodos descritos en el Reglamento. Consiste en una bandera rectangular que contiene el perfilado de una hoja a base de estrellas análogamente a la bandera de la UE, pero sobre fondo verde. Esta señal distintiva ha prevalecido desde el anterior reglamento de 2007 en el que fue introducida. Su uso es obligatorio para los productos envasados producidos y comercializados como ecológicos en la Unión Europea y opcional para los importados y los productos a granel. En el campo visual de este logotipo debe figurar la codificación del organismo que lo certifica y la mención al origen del mismo. También es obligatorio que en el etiquetado de los productos envasados se haga referencia al método de producción, mediante cualquiera de las menciones protegidas: ecológico, biológico u orgánico o sus diminutivos habituales, eco o bio.



Figura 4. La certificación sirve para confirmar el cumplimiento de los compromisos aceptados por el operador a través de un tercero que con su marca lo avala de forma que sea fácilmente identificable por los consumidores

Una novedad introducida por el reglamento 2008/848 es la posibilidad de **certificación de grupos**. Es una alternativa pensada para pequeños productores y promover la producción de cercanía en áreas concretas que, por la dimensión de sus explotaciones, tipo de producto y sistema de producción, tanto el coste como el proceso de certificación pueden ser un impedimento para ejercer su actividad como productores ecológicos. Productores por ejemplo de zonas minifundistas, con producciones de poco valor donde el riesgo derivado de posibles incumplimientos es bajo, pudiendo optar a constituirse en grupo con un sistema de control interno que se encarga de inspeccionar a todos los miembros del grupo el cual a su vez es auditado por un organismo de control autorizado que verificará periódicamente el sistema implementado y hará un control aleatorio sobre un número mínimo de productores.

Uno de los problemas que plantea un reglamento aplicado en un territorio tan amplio, social, cultural y económicamente tan distinto es la aplicación uniforme de los criterios. Si bien los conceptos básicos están claros y son fácilmente asumibles llevarlos a la práctica resulta realmente complejo sin producir diferencias que puedan perjudicar a unos a productores frente a otros. En este sentido las interpretaciones de los países centroeuropeos suele ser más abierta que los países del Sur que son los mayoritariamente productores y cuyos requisitos suelen ser más restrictivos como forma de evitar cualquier tipo de duda sobre naturaleza orgánica de las producciones, lo cual puede llegar a generar diferencias competitivas incluso dentro del propio Estado donde en un caso como España conviven autoridades competentes y autoridades de control de diecisiete comunidades autónomas con distinto nivel de dedicación y conocimiento. Debido a la obligación de respetar la libre circulación de los productos certificados en el territorio de la UE, pueden llegar a producirse importantes diferencias entre operadores de distintos territorios y en caso de aplicación del régimen sancionador interpretaciones distintas.

Cada día adquiere más importancia para Europa las **importaciones** de determinados alimentos, especialmente los que no se producen en el territorio de la UE. Dada la fuerte demanda de producto ecológico en la Unión Europea la regulación de su entrada es un aspecto importante dentro del Reglamento, sobre todo debido a que en estos territorios la aplicación de la normativa horizontal puede variar considerablemente y no existe un control directo. Es por ello

que los organismos de certificación adquieren un papel sumamente importante, así como los trámites y documentos necesarios que permiten mantener el control y la trazabilidad sobre el producto. Por este motivo se ha puesto especial interés en controlar los sistemas de producción, la trazabilidad y la documentación desde dichos países. Con anterioridad al reglamento 2018/848 existía la posibilidad de que a los organismos de control se les reconociera un reglamento propio equivalente al de la UE, pero a partir de éste, esa visión ha cambiado y en los países sin acuerdos específicos se exige el cumplimiento en los mismos términos que los establecidos para cualquier operador europeo. No es que dichas equivalencias no fueran eficaces, sino que el sistema de control por parte de la Comisión era complejo al tener que cotejar distintas normas y la aplicación de las mismas conforme a procedimientos individuales. Para las importaciones a nivel de país hasta el presente reglamento existían dos posibilidades para reconocer productos de países terceros, bien mediante un acuerdo comercial entre la UE y el país que reconoce el producto certificado bajo la normativa de ese país válidas en Europa, o bien la citada autorización para certificar bajo una norma equivalente del propio organismo de control y autorizada por la Comisión Europea. Para optar a esta segunda posibilidad los organismos de certificación debían obtener la autorización tanto para certificar en ese país como de su normativa equivalente. En el nuevo reglamento de 2018 se abrió la posibilidad de aplicar directamente el reglamento por parte de los organismos autorizados y acreditados sin necesidad de aplicar una normativa propia, con lo cual la interpretación y el articulado aplicado a cualquier operador que desee vender bajo reglamento europeo es la misma en cualquier parte del mundo.

3.2. Lo que entendemos por ecológico y lo que es

A pesar de estar claros los objetivos del reglamento de producción ecológica en el que la salud de los seres vivos que habitan el planeta es la prioridad mediante el fomento de la biodiversidad, el uso responsable de la energía y de los recursos naturales, realmente no es más que un reglamento que regula la producción de alimentos, un marco normativo que establece límites y que deja bastante abierto al criterio de los operadores la forma de cumplirlo siempre que se sigan una serie de requisitos documentados y revisables. Para ello el sistema se basa en la evaluación de riesgos y el seguimiento de las medidas establecidas para el control de estos. En realidad, el estudio y conocimiento del sistema productivo o de la manipulación de producto transformado, ha de hacer que los operadores establezcan su sistema de autocontrol que será comunicado, aprobado y comprobado por el organismo de control. Siendo cierto que este reglamento fue pionero en conseguir que la producción europea fuera un sistema controlado, documentado y trazable, a lo largo del tiempo el cultivo convencional poco a poco va consiguiendo ciertos niveles de control equiparable, aunque muchas veces sea por normativas privadas requeridas por las cadenas de distribución y legislación horizontal que establece sistemas de registros de explotaciones y de las operaciones e insumos utilizables. En la actualidad, la política agraria de la UE ha dejado claro que ya las cuestiones medioambientales no son una competencia exclusiva del sector bio, sino que implica a todo el sector productivo. De esta forma, el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019) pone el foco en una serie de objetivos, que si bien es cierto que hacen del ecológico el sistema reglado más sostenible (Aguilera, 2019), obliga por igual a toda la producción. Por este motivo la reducción de pesticidas, de abonos, de antimicrobianos, son algunos de los aspectos que recoge la producción ecológica y que ahora son extensibles al resto de producciones, ya no solo los ecológicos tienen que ser sostenibles. Y de la misma forma ocurre con otros conceptos fundamentales que,

1. Panorama general

aunque se atribuyan al sector ecológico, son requisitos obligados para cualquier actividad productiva e incluso humana, en concreto, el respeto a los derechos humanos y a la dignidad de las personas. Por este motivo el reglamento de producción ecológica no entra en establecer requisitos específicos para garantizarlos porque es imperativa su aplicación que parte de la Declaración Universal de Derechos Humanos de Naciones Unidas, de la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea del año 2000, los Principios y Derechos Fundamentales en el Trabajo de la Organización Internacional de Trabajo, de las constituciones y de las legislaciones laborales de cada uno de los estados que las regula y que obliga al cumplimiento de una amplia normativa en materia laboral y de derechos sociales.



Figura 5. Las producciones ecológicas siguen las mejores prácticas agronómicas para optimizar tanto la calidad como la cantidad de producto, aplicando tecnologías avanzadas como riego localizado, sensores de humedad, que mejoran la fertilidad del suelo con el manejo de cubiertas vegetales, aplicación de compost y otros tipos de insumos, previniendo plagas y enfermedades, monitoreando y fomentando el equilibrio biodiverso con la presencia de enemigos naturales

3.3. Algunas preguntas frecuentes

¿Puede una plantación que no haya tenido tratamientos durante varios años pasar a ecológico directamente sin periodo de conversión? No, los tratamientos fitosanitarios son solo una parte del proceso productivo. De forma general se establece un periodo de conversión para las explotaciones agrícolas y ganaderas, un periodo de transición destinado a reducir la posibilidad de contaminación y a adaptar la explotación a los requerimientos del método de producción ecológico. Excepcionalmente las autoridades competentes pueden establecer los requisitos para reconocer explotaciones que no hayan sido cultivadas con anterioridad o hayan estado en abandono un mínimo de tres años. Algunas actividades como viveros, manipulación o comercialización no necesitan de periodo de conversión.

¿Se diferencia una producción ecológica de una convencional? Puede ocurrir que aparentemente no. Independientemente de cualquier indicación o imagen visual que quieran transmitir sus propietarios, una plantación, ganadería o industria ecológica que cumpla, bien convencional o ecológica, todos los requisitos, puede que aparentemente sean iguales. Podrían llamarnos la atención en cultivos de convencional la existencia de ciertos abonos o plaguicidas químicos, en granjas el confinamiento de los animales en las naves sin zona de pasto, o la utilización de ciertos conservantes y aditivos en una industria. No obstante, sería deseable y

cada vez proliferan más, fincas ecológicas con altos grados de biodiversidad mediante la incorporación de zonas naturales, utilización de materiales biodegradables, un uso racional de la energía y aprovechamiento de los recursos locales mediante el compostaje, integración agroganadera y el fomento y continuidad de dichas actividades en el mundo rural.

¿Puede una autoridad competente establecer excepciones al cumplimiento del Reglamento y que el producto siga siendo ecológico? Más allá de las propias excepciones que se recogen entre las que están, la posibilidad previa autorización de uso de semilla no ecológicas, uso de materias orgánicas no ecológicas pero procedentes de ganadería extensivas, alimentación de ganado por sequía persistente, etc. No es posible establecer excepciones sin la autorización de la Comisión que podrían concederse solo en caso de catástrofes.

¿El nuevo reglamento permite los cultivos hidropónicos? Algunos comerciales estaban ávidos de que se aprobara un nuevo reglamento que permitiera la hidroponía con la esperanza de introducir un buen número de insumos, como el propio sustrato o dar pie a la entrada de abonos solubles tomando como referencia EEUU o la insistencia de los productores holandeses donde su costosa inversión energética y deficiente calidad de suelos dificulta métodos naturales de producción, pero estas pretensiones quedan muy lejos del espíritu de la concepción ecológica europea no siendo previsible que en muchos años se autorice, ya que de hecho una excepción para cultivar sobre sustrato en climas fríos se ha eliminado.

¿Se podría certificar un producto que no cuenta con normativa específica en el reglamento actual? El propio reglamento establece mecanismos por los cuales las autoridades de los distintos estados dentro de su ámbito de competencia, si no existen norma de producción para un producto determinado, pueden establecer siguiendo los principios de la producción ecológica normas propias que permitan la calificación de un producto como ecológico. Sin embargo, dichos requisitos serán aplicables solo dentro de su área de competencia y no se podrán exigir fuera de la misma.

Si el reglamento indica que el 95% de los ingredientes serán ecológicos ¿en el otro 5% puedo utilizar productos convencionales? No, solo los que están contenidos en el listado de sustancias autorizadas.

¿Es posible mencionar la presencia de ingredientes ecológicos, aunque todos los productos no lo sean? El reglamento intenta que no exista confusión, pero, sin embargo, especialmente junto a productos procedentes de la caza y la pesca sí es posible indicar el origen ecológico de otros productos adicionales que acompañen a los productos elaborados o procesados. También se puede hacer mención en los ingredientes a la naturaleza ecológica de los mismos en caso de contenerlos, pero sin utilizar la mención ecológica en la denominación del producto, ni utilizar el logo identificativo de la eurohoja y sí referenciando el organismo de control que avala la naturaleza ecológica de dichos ingredientes.

¿Los comercios están obligados a certificarse para vender productos ecológicos? El Reglamento establece que dado el bajo riesgo que la venta de productos envasados supone para establecimientos que no manipulen o distribuyan, estarán exentos de la obligación de certificarse, pero sí estarán sujetos a la posibilidad de control de su actividad por parte de las autoridades.

¿Y quién controla al controlador? Los organismos privados de control y certificación autorizados para certificar producción ecológica son obligatorios que sean controlados por las entidades nacionales de acreditación además de la autoridad de control que es España recae sobre la comunidad autónoma correspondiente, además de la propia Comisión Europea. En el caso de que el control sea estatal no es obligatoria la citada acreditación.

3.4. Bioeconomía

La estrategia de virar hacia el respeto medioambiental en beneficio de la sociedad e inevitablemente hacia el resto de los seres vivos hace que sea necesario introducir esta nueva variable que hasta el momento no había sido contemplada como un factor importante y necesario en el balance económico global. La actividad productiva y el uso de los productos ha venido siendo una actividad abierta; los factores productivos, tanto la obtención de materias primas, su transformación, la prestación y uso de los servicios nunca había valorado posibles consecuencias medioambientales derivadas de los mismos.

En el inicio del siglo XXI se empieza gestar el nuevo cambio de modelo, en los acuerdos de París del 12 de diciembre de 2015 se firma un tratado internacional sobre el cambio climático adoptado por 196 países y jurídicamente vinculante. Tres meses antes, los líderes mundiales crean la agenda de desarrollo sostenible para los siguientes 15 años con el objetivo de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad. Este cambio de rumbo se plasma en la Estrategia Europea de Bioeconomía el 11 de octubre de 2018, que define el concepto de bioeconomía para Europa como, “un sistema económico que utiliza los recursos biológicos de la tierra y el mar y los residuos como insumos para la producción de alimentos y piensos, así como para la producción industrial y energética y el uso de procesos biológicos en una industria sostenible”. A partir de aquí este concepto debe extenderse impregnando todas las políticas tanto nacionales como autonómicas y locales. La producción ecológica es el único sistema reglado de a nivel agroalimentario cumple con esta definición (Aguilera, 2019), y no es extraño por ello, que se haya planteado como el objetivo para gran parte de las producciones y alimentos dentro del territorio de la Unión Europea.

3.5. Greenwashing

Debido al necesario cambio de modelo motivado por las demandas sociales y de la calidad de vida de los países desarrollados, dichos estados prevén que va a ser imposible mantener al ritmo de crecimiento existente con el agotamiento de los recursos y la transformación del planeta de consecuencia inciertas, por lo que se insta a una transformación para la que se acuña la palabra sostenibilidad, la cual pasa por un cambio verde. Color que pone de manifiesto el respeto por la base de la vida en nuestro planeta, el papel de la clorofila que partiendo de minerales inertes y energía solar crea vida y provee de elementos para la vida como son el oxígeno y las propias plantas como alimento. De esta forma, se inicia un esfuerzo de los nodos generadores de riqueza que son las empresas para hacer atractivos sus productos y para que sean preferidos dentro de una estructura que se mantiene como es el mercado competitivo, esforzándose por demostrar el respeto por el verde. Sin duda ha sido un gran logro crear una conciencia que no existía y la orientación hacia un beneficio colectivo que incluya al resto de seres vivos del planeta, pero la necesidad de cambiar y la resistencia a ese cambio provocan conflictos: ¿cómo seguir haciendo lo mismo pareciendo que hemos cambiado? Entre las alternativas, cambiar la envoltura, cambiar

el nombre y decir que se hace algo distinto, aunque muchas veces no sea verdad, haciendo un “lavado de cara verde”, ecoblanqueo, o greenwashing en inglés. Sin duda el greenwashing es una práctica de engaño indeseable pero que hábilmente manejada se puede situarse en los límites de la percepción de los consumidores y de la propia legalidad, llegando a no ser percibida como tal por los consumidores.

No solo se da este fenómeno en empresas sino también por otros agentes sociales como el mundo de la investigación pudiendo llegar a darse el caso de poner en tela de juicio la imparcialidad del método científico. En este cambio forzado y en la resistencia al mismo se observan varias etapas:

- De una parte, lo más inmediato es negarse al cambio desprestigiando los nuevos valores. Arguyendo falta de conocimiento, tratarse de una minoría que va en contra del crecimiento, que no genera riqueza, que ofrecen datos sin respaldo oficial y aunque lo tuvieran no son relevantes ni demuestran nada, etc. Como ejemplo los mensajes sobre la negación del cambio climático, extinción de especies, propagación de enfermedades o ocultación de datos médicos sobre la exposición a sustancias nocivas.
- A continuación, generando miedo y desconfianza. Esto se observa claramente cuando se amenaza con la paralización de la economía, desempleo por la transformación de modelos de sobreexplotación sin explicar que existen otros, grandes plagas que asolarán el planeta, que la producción ecológica no será capaz de alimentar al mundo, es la intoxicación informativa intencionada.
- Más tarde erigiéndose como protagonista y el validador de esta nueva tendencia. La imposibilidad de vencer una lucha en la que vas a quedar solo hace que se busque la justificación y nuevos argumentos intentando convencer mediante una estrategia de disfraz, siendo aquí donde entra el Greenwashing.
- Para finalmente aceptar el cambio, olvidar el pasado o desaparecer y aceptar que otros ocuparan tu hueco.

Ejemplo de esto aplicado al sector ecológico fue el intento en España por parte de dos multinacionales haciendo mención al término bio en sus productos lácteos y de cómo la principal entidad de certificación del país, CAAE, tumbó en Bruselas dicha pretensión ante la inoperatividad y justificación del gobierno español que fue multado por la Comisión Europea (López Nicolás, 2011). También en la actualidad numerosas marcas creadas por las propias empresas hacen creer al consumidor que existe algún aval externo, imitan o asimilan características medioambientales a los productos que realmente no tienen, o crean marcas privadas con indicaciones ajenas al control oficial, certificaciones a medida que ponen un nombre más o menos confuso, pero aludiendo a lo sostenible para dar continuidad a lo que se venía haciendo. Y todo esto se hace bordeando el límite de los nombres y prácticas que están regladas y que realmente suponen un cambio en la forma de producir y pueden tener repercusión en la salud de los consumidores y el medio ambiente. Así encontramos una certificación con cero residuos, utilizan químicos y por supuesto que al analizar los alimentos lo llevan; una indefinida certificación de bienestar animal a la que ya la propia legislación obliga, y que alcanza su grado máximo en la producción ecológica alejada de la producción industrial; agricultura viva, utilizando insumos, pero de manera que no se evidencie de forma inmediata el daño sobre las especies; agricultura sostenible, olivares tradicionales, etc.

Sin duda es un mal necesario que el tiempo y el cambio de generación irán minimizando hasta hacerlo irrelevante, la conciencia ética forma parte de los primeros estadios de educación y en las cuestiones fundamentales es necesario creer para actuar, por suerte el camino está iniciado y hay muchos que conocen las sendas y los atajos que no hay que tomar para seguirlo y llegar al destino.

4. Actualidad y futuro de la producción ecológica

4.1. La tecnología, clave para el avance ecológico

Definitivamente hay que desterrar la idea de la producción ecológica cercana a un mundo antiguo y bucólico que nunca existió. Los agricultores y ganaderos históricamente han estado luchando contra los elementos hostiles del medio y siguen haciéndolo, aunque en un escenario distinto. Siempre la tecnología ha sido una necesidad para la mejora de las producciones, su avance y la consecución del bienestar de la sociedad. Pero el problema no viene de la ciencia, sino del mal uso de ésta, de una visión parcial y de la elección de un camino equivocado que no ha tenido en cuenta el planeta como un todo interrelacionado. Hoy en día no hay duda de muchos de los errores cometidos quizás quepa asumirlos como males necesarios de la propia evolución y que el cambio de visión está suponiendo un cambio de modelo que podría igualmente equivocarse, siendo por eso importante someterlo a una revisión crítica permanente análoga a los propios principios de método científico.

La ecología como ciencia que estudia la relación de los seres vivos con el medio en el que habitan es una parte joven de la ciencia que tuvo que ser creada como una rama de las ciencias biológicas para estudiar y poder resolver los problemas de un mundo global que poco a poco fuimos conociendo y dominando, tratándose de una disciplina que va más allá de la propia biología precisando del apoyo de muchas otras, habiéndose convertido en un aspecto clave a tener en cuenta en cualquier actividad humana.

La digitalización y el acceso a la información del mundo rural es una necesidad, ya sea desde la mera obtención de información para conocer los fenómenos meteorológicos que tanto condicionan la actividad agraria, plagas y enfermedades, obtener información sobre técnica de producción o insumos, servir de vía de comunicación con los agentes del sector, asesores, precios, etc. La llevanza de las operaciones de cultivo a través de equipos informáticos y dispositivos móviles, la posibilidad del envío de documentos e imágenes, son algunos de los usos habituales que hoy en día implementa el sector agroalimentario, están integrados en el día a día de los productores y especialmente de los ecológicos cuyos sistemas de control y registros son más exhaustivos; ejemplo de ello es la emisión de los certificados, documento imprescindible para poder comercializar los productos y las comunicaciones de cultivo que periódicamente tienen que hacer los productores, obligando a que el ecológico sea un sector que necesita y se aprovecha del mayor grado de tecnificación posible.

Los dispositivos de medición y control ayudan a los productores a poder optimizar el uso de los recursos disponibles y de las fuentes de energía. El reglamento de producción ecológica limita el uso de ciertos abonos por su composición pero también por la cantidad que puede ser utilizada siendo necesario evitar la pérdida de nutrientes del suelo mediante una gestión

adecuada del riego; el lavado de nutrientes por exceso de riego no puede ser compensado mediante la adición continua de fertilizantes solubles siguiendo un patrón de fertirrigación química clásica a base de NPK y por este motivo conocer las características físico-químicas del suelo y su estado evolutivo es básico. Para ello no cabe otra opción que medir utilizando los dispositivos que la tecnológica proporciona como son distintos tipos de analíticas, medidores de contenido humedad de suelo, tensiómetros mecánicos o electrónicos, etc. También sistemas de riego dimensionados y adaptados a las condiciones de cultivo tanto desde el punto de vista de la dosificación y automatización como en la configuración de la distribución, por lo que vemos que el trabajo de ingeniería en el diseño e implantación de los proyectos ecológicos es decisivo. Trabajos que se extienden igualmente al control de las condiciones ambientales que en ausencia



Figura 6. La producción ecológica es trazable y transparente, el etiquetado tiene que reflejar obligatoriamente la mención al método de producción ecológica, el origen de las materias primas e identificarse con la eurohoja, codificando el organismo de control que ha certificado en producto

de insumos químicos es preciso considerar con mayor conocimiento sobre los procesos que tienen lugar en el entorno productivo, tanto ambientales como fenológicos del propio cultivo y de sus enemigos potenciales, datos meteorológicos y condiciones ambientales en cultivos protegidos, registro y estudio de los mismos y su efecto sobre el desarrollo de plantas y animales, en producción ecológica junto a los elementos preventivos y de monitorización son las herramientas para adelantarse a la posibilidad de sufrir daños.

Y en toda esta necesidad de aliarse a la tecnología el papel de la ciencia y los tecnólogos, científicos e ingenieros es fundamental. Las producciones ecológicas son la agricultura, ganadería e industrias del conocimiento. En ellas no cabe el uso sistemático, preventivo y generalizado de insumos ni su aplicación por exceso bajo pautas pre-programadas. Por estos motivos se puede decir que la producción ecológica es la tecnología de la vida. Desgraciadamente hemos relacionado muchas veces el progreso tecnológico con la necesidad de crear, de sintetizar, sustituyendo lo natural por resultar más variable, menos estable; queda un largo camino por empezar a recorrer en la investigación de la vida, en moléculas y compuestos orgánicos, en utilizar los procesos naturales en beneficio propio, canalizándolos de manera que resulten compatibles con nuestra vida y con la de los demás seres vivos.

Los nuevos materiales son un recurso que mejora las producciones. Materiales respetuosos, de los que se defina su ciclo de vida y su reciclado, tanto para la producción, como en la

transformación de los productos, su envasado, embalado y transporte. La sustitución de los plásticos no es un problema que afecte solo a la producción ecológica, pero sin embargo se percibe como un problema por ser el consumidor ecológico un público más sensible a los daños medioambientales. Este es un sobrecoste que no debe afectar solo al producto orgánico que de esa forma podría llegar a ser excesivamente caro e inviable; de aquí la importancia de la investigación sobre envases reciclables y biodegradables, una necesidad ética de primer nivel para el sector ecológico y una aportación más que viene a demostrar la necesidad de aplicar adecuadamente la tecnología al mismo.

Desde el inicio de la agricultura y la ganadería el papel de los insumos entendidos como cualquier aporte necesario para permitir o mejorar la productividad de los cultivos ha sido el elemento tecnológico que ha posibilitado la evolución de los mismos. Insumos son las semillas, los fertilizantes, sustancias y elementos para el control de plagas, acolchados, tutores, etc, e incluso el propio conocimiento heredado y el aportado por la tecnología, todo lo que es necesario incorporar partiendo de una materia prima que ya intrínsecamente es un insumo al venir transformada por un proceso de selección, y un suelo acondicionado para el cultivo o la producción ganadera, para así obtener un producto final. Por lo tanto, huelga explicar el nivel tecnológico alcanzado en este campo y la necesidad de seguir avanzando para mejorar la producción ecológica y la sostenibilidad de una actividad tan ligada y transformadora del medio como es la agroalimentaria. Y en este punto es donde las normas de producción adquieren mayor importancia y se diferencian de los sistemas convencionales estableciendo los límites más evidentes: no uso material vegetal transgénico, limitación en el uso de productos obtenidos mediante síntesis química, de fertilizantes solubles y concretamente en las cantidades de estiércoles aportados al suelo, empleo de radiaciones ionizantes en el tratamiento de alimentos o reproductores, la clonación, entre otros.

La pérdida de suelo agrícola es uno de los grandes problemas con los que se enfrenta el mundo contemporáneo. La lenta formación de los depósitos de materiales en los lechos constituyendo zonas fértiles de cultivo es un proceso que se cifra en varios miles de años. En la agricultura tradicional por la limitación de medios la conservación y mejora de este bien tan preciado ha sido una prioridad absoluta, empleando incluso métodos para retener y aumentar las fracciones finas que dieran lugar al incremento de su superficie y profundidad, sirviendo de ejemplo la consolidación de los deltas en las desembocaduras fluviales, aprovechamiento de avenidas, sistemas de curvas de nivel y aterrazamientos, entre otras muchas técnicas. La degradación de los suelos en la agricultura industrial al ser considerados como sustituibles en su función ecológica, reservorio de biodiversidad de la macro pero mucho más de la microbiota, ha provocado la degradación y desestructuración en muchas zonas, en ocasiones debida a un uso inapropiado del laboreo, del empleo de biocidas, del aporte excesivo de fertilizantes y la consiguiente salinización, del uso de herbicidas y la ausencia de cubiertas vegetales, llevándose a cabo toda una estrategia inconsciente de invertir en insumos para destruir el sustento de la actividad agropecuaria a cambio de un beneficio individual inmediato en forma de ahorro en mano de obra y el falso mito de que las plantas atraen a plagas y enfermedades. No ha sido necesario que las nuevas generaciones hereden el problema, sino que éste se ha manifestado con crudeza en muchos lugares aumentado por los fenómenos del cambio climático. Por lo tanto, la tecnología al servicio del suelo, de su conocimiento, conservación y para las mejoras de

las producciones es una necesidad que solo la ciencia desde la multidisciplinaridad puede solucionar.

4.2. Ecológico y futurista

Cuando pensamos en ecológico nos vienen a la mente imágenes relacionadas con las tradiciones con una agricultura idílica. Seguro que cada uno tenemos un paisaje recurrente en el que nos sentimos a gusto, y eso lo identificamos con ecológico; quizás un lugar en la montaña, con un arroyo, praderas verdes y zonas boscosas, viviendas de madera integradas en el medio y animales domésticos que campan a sus anchas junto a cultivos hortícolas y grandes campos de cereal. Indudablemente ese es un mundo rural que no queremos que se pierda. Ese y todos los paisajes agrarios que integran una actividad humana integrada y respetuosa con el entorno, que lo complementa y lo mejora, pero no a costa de esquilmarlo, sino permitiendo que muchos más seres vivos los habiten. En este sentido la diversidad paisajística es amplísima, cultivos de selva en zonas tropicales, los puzzles parcelarios del hortícolas en zonas fluviales, los de secano, olivar, almendro, viñedo de latitudes templadas, grandes extensiones prateras de ganadería en zonas húmedas. Son producciones agrarias que aprovechan y optimizan los recursos existentes en actividades medioambientalmente integradas que permiten la convivencia y que forman un tejido productivo equilibrado. Por el contrario no pensamos en una actividad ecológica aislada del medio y ajeno a éste, un gran perímetro nivelado y acotado en el interior del cual se concentra la actividad, miles de cabezas de ganado estabuladas, naves geométricamente dispuestas siguiendo un patrón repetitivo, grandes silos, grandes embalses de suministro, grandes volúmenes de residuos y una población periférica bastante ajena a lo que ocurre allí dentro pero que sufre las consecuencias de su presencia, olores, contaminación, esquilma de recursos, agua, o cuya presencia le es completamente indiferente porque lo producido no atiende a ninguno de los valores del territorio: son macrogranjas, grandes explotaciones, son muchos los ejemplos que ilustran este modelo que nadie quiere, aún sin conocer lo que ocurre allí dentro, defendido por la falacia de ser el único que permite producir la cantidad suficientes de alimentos, mientras que sin embargo como una onda expansiva destruye toda actividad socio-productiva cientos de kilómetros alrededor. Sin duda estas instalaciones gozan de todos los avances tecnológicos posibles con la única finalidad de conseguir el máximo beneficio, ante todo con la minimización de los costes, entre los que la mano obra es uno de los principales y cumpliendo con los estándares de calidad establecidos sin ir mucho más allá. Como sociedad cabe preguntarnos qué sentido tiene todo esto, si contribuir de esta manera al abandono del campo tiene realmente futuro y si acaso se planteara como necesario compensar por los perjuicios de estas industrias, si no tendría más sentido que el campo no dejara de ser la fuente de alimento, salud y vida que siempre ha sido dotándolo de las infraestructuras necesarias de la que hoy no es posible prescindir. La cuestión está en plantear si preferimos campos de concentración de alimentos o una red bien mallada y capilar que integre con naturalidad la producción agroalimentaria: producción, personas, industria, cultura, servicios. Para ello, la producción ecológica necesita tecnología, tecnología de la información con acceso a las redes de comunicación y tecnología en la producción.

¿Hasta qué punto podemos llegar a una tecnología sostenible en producción ecológica? Hasta el punto en el que se respete el medio ambiente mejorando la fertilidad de los suelos y la biodiversidad, procurando bienestar a los seres vivos que habitan en el territorio, evitando la

1. Panorama general

presencia de contaminantes, reciclado residuos en subproductos, haciendo un uso eficiente del agua y de la energía, que no es más que seguir los preceptos del reglamento europeo de producción ecológica. En el límite están los invernaderos demonizados posiblemente por haberse convertido en el ejemplo de la contaminación allá cuando se quemaban plásticos para su eliminación, acumulaban basuras, se fumigaban con los compuestos más letales... Sin embargo, no tiene por qué ser así, convenientemente tratados pueden ser ciertamente artificiosos en su apariencia, tan antinatural como los aerostatos, el asfalto de una carretera, un edificio o las líneas de alta tensión, pero sin duda, adecuadamente tratados son una forma de optimización energética, de ahorro hídrico y de protección ambiental que de otra forma obligaría a arriesgar producciones sensibles y a multiplicar la superficie de cultivo. El invernadero solar mediterráneo es un recurso barato que puede convertirse en un aliado para conciliar las necesidades sociales y el respeto al medio ambiente. A partir de aquí ocurre algo similar con otros tipos de infraestructuras para los cultivos y las explotaciones ganaderas, no podemos permitirnos apriscos a base de brezo y piedra, sino instalaciones acondicionadas, automatizadas, aisladas climáticamente y con monitorización remota, necesitamos la tecnología al servicio de la producción ecológica y al servicio del mundo rural, entendiendo que la tradición no tiene por qué estar reñida con la evolución. Sin duda la conectividad nos va a permitir mejorar la monitorización para actuar en la prevención de fenómenos climáticos, anticiparnos en el control fitosanitario y actuar a distancia; está mejorando ya la trazabilidad, el control y la comunicación con el consumidor.

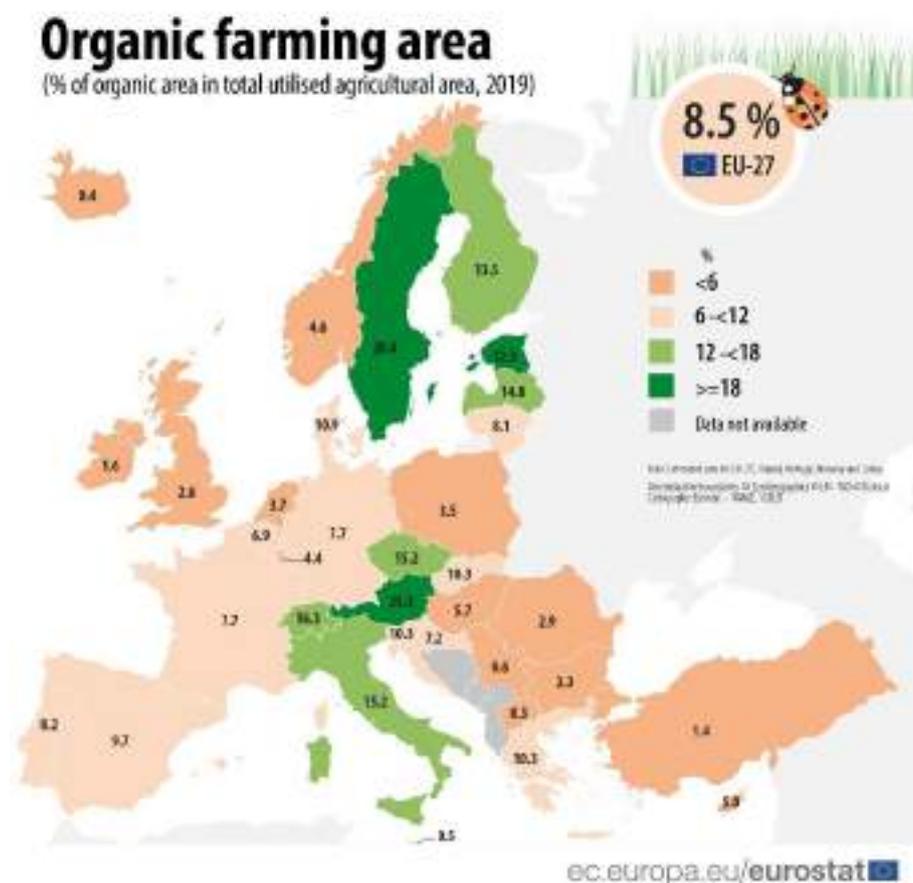


Figura 7. Porcentaje de superficie destinada a producción ecológica en cada uno de los países de la UE y Reino Unido en 2019

4.3. Hacia un mundo verde

El auge de la producción ecológica es la consecuencia casi inevitable de toda la serie de medidas que a nivel global se están adoptando para corregir un rumbo errado dentro del desarrollo industrial a lo largo del siglo XX. Un siglo que ha permitido a gran parte del planeta vivir más y mejor, pero no de forma uniforme, creando grandes desequilibrios en el acceso al disfrute de los avances para la mayor parte del planeta. No ha tenido que pasar mucho tiempo para que se dejen sentir las consecuencias, ya no solo los que afectan a las especies y al comportamiento global de los factores del clima, sino también el incremento de los enfrentamientos étnicos, territoriales y la necesidad de huir de esa pobreza en forma de fenómenos migratorios. En la última década del pasado siglo se inicia uno de los hitos importantes con la creación de un reglamento europeo para producir bajo la mención de producto ecológico. Mientras tanto la Unión Europea diseña su política agraria y la organización de mercado que persigue su estabilización, garantizar a los agricultores un nivel de vida equitativo e incrementar la productividad de la agricultura. Para ello se avanza en las organizaciones de productores como forma de ordenar los sectores agrarios, la normalización y ofrecer productos de calidad con incentivos para las mejoras tecnológicas y los sistemas que reducen el impacto medioambiental, como ejemplo los programas operativos y la producción integrada.

La problemática de los gases efecto invernadero, evitar el calentamiento global y la búsqueda de soluciones se pone de manifiesto en el acuerdo de París en 2015. El mismo año que se establecen los Objetivos de Desarrollo Sostenible, un conjunto de medidas globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo para los quince años siguientes. La Unión Europea cinco años después define sus objetivos con un planteamiento ambicioso a largo plazo, la neutralidad climática para el 2050, compensado las emisiones de dióxido de carbono, marcando otros hitos más cercanos como es el del Pacto Verde europeo o Green Deal, pensados para el año 2030. Y para conseguirlo crea una serie de estrategias, en alguna de las cuales la producción ecológica se convierte en una herramienta imprescindible para su consecución (Comisión Europea, 2019):

1. Energía limpia
2. Una industria sostenible
3. Construir y renovar
4. Movilidad sostenible
5. Biodiversidad
6. Del campo a la mesa
7. Eliminar la contaminación

Vemos como el sector agroalimentario y por ende el ecológico como máximo exponente de sostenibilidad está implicado en casi todas estas estrategias, también porque implica las actividades a todo lo largo de la cadena, desde la producción a la transformación y puesta en el mercado, haciéndose necesario optimizar el uso de la energía y que sea renovable, los procesos industriales implicados, la necesaria renovación y por su puesto la movilidad y manejo de la información, evitando la contaminación que en el sector primario forma parte de la actividad productiva y que la producción ecológica minimiza. Pero, sin embargo, son las estrategias de biodiversidad y la del campo a la mesa las que hacen de la producción ecológica una pieza imprescindible para la consecución de los objetivos propuestos.

1. Panorama general

En el primer caso, el fomento de la biodiversidad persigue prevenir los efectos del cambio climático, proteger el suelo, base de la producción ecológica y proteger los mares; también las zonas de ribera fluviales en torno a las cuales se genera como generador de vida y la plantación de árboles; proteger las abejas por su papel clave para la pervivencia de los ecosistemas y la reducción drástica de plaguicidas.

El eslogan del campo a la mesa encierra la intención de proveer alimentos de calidad, saludables y sostenibles, insistiendo en la biodiversidad, que los rendimientos obtenidos sean justos para toda la cadena. Menos fertilizantes, menos plaguicidas, evitando pérdida de nutrientes como forma de conservación del suelo y protección de las masas de agua, junto a una ganadería libre de antibióticos. Conseguir que para 2030 el 25% de la superficie agraria útil sea ecológica es un reto para muchas regiones cuyas políticas estatales no han apostado por esta vía y que se verán obligadas a volcar sus recursos para cumplir con los mandatos de Bruselas, por tratarse del mandato de una ciudadanía que quiere vivir en un mundo más justo y saludable.



Figura 8. La pujanza del sector bio queda patente por la presencia en eventos profesionales que fomentan el intercambio comercial

Sobre CAAE

CAAE es una entidad de control y certificación de productos agroalimentarios, medioambientales y salud, especializada en la producción ecológica, que desarrolla su actividad tanto en territorio español como internacionalmente en países de África y América, estando autorizados no solo por la Unión Europea, sino también por los gobiernos de EEUU y Japón para sus respectivas normativas orgánicas, contando con distintas certificaciones propias y otras privadas fuera del ámbito ecológico como Globalgap. Son de destacar certificaciones como las de cosméticos bajo el estándar COSMOS, o los insumos bajo la norma acreditada del ministerio de España UNE y la realización de determinados servicios de inspección para normas de asociaciones privadas

Bibliografía

Aguilera, E. D.-G. (2019). Informe Técnico: Producción Ecológica Mediterránea y Cambio Climático. Sevilla: Asociación Valor Ecológico CAAE.

- Álvarez, I. (2015). Regeneración de suelos y ecosistemas: (I. S. Regenerativos, Editor) Recuperado el 30 de octubre de 2021, de <https://regenerationinternational.org/wp-content/uploads/2016/05/REGENERACI%C3%93N-CC-abril6.-.compressed.pdf>
- Asociación de Agricultura Biodinámica de España. (2013). El Impulso de Steiner a la Agricultura. Revista AABDE, 16. Recuperado el 4 de octubre de 2021, de <https://biodinamica.es/wp-content/uploads/documentos/RevistaAABDE2015.pdf>
- Banco Mundial. (22 de noviembre de 2021). Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/>
- Barasoain, R. y. (2001). Recuperar la Armonía con el Cosmos. Entrevista con Maria Thun. Fertilidad de la Tierra (4), 30-35.
- Carson, R. (1962). Privavera Silenciosa. Boston: Houghton Mifflin.
- Centro de conocimientos sobre agroecología. (s.f.). Recuperado el 2021 de septiembre de 15, de [https://www.fao.org/agroecology/knowledge/definition/es/?page=2&ipp=6&no_cache=1&tx_dynalist_pi1\[par\]=YToxOntzOjE6lkwiO3M6MToiMil7fQ==](https://www.fao.org/agroecology/knowledge/definition/es/?page=2&ipp=6&no_cache=1&tx_dynalist_pi1[par]=YToxOntzOjE6lkwiO3M6MToiMil7fQ==)
- Comisión Europea. (2019). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. El Pacto Verde Europeo.
- Cózar, J. M. (2005). Principio de Precaución y Medioambiente. Rev. Esp. Salud Publica, 79 (2). Recuperado el 4 de noviembre de 2021, de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200003
- Ecovalia. (2021). Informe Anual de la Producción Ecológica en España 2021 . Sevilla: Asociación Valor Ecológico CAAE.
- Einstein, A. (2000). Mis Ideas y Opiniones. Barcelona: Antoni Bosch Editor, S.A.
- FAO. (2015). Suelos y Biodiversidad. Recuperado el 13 de noviembre de 2021, de <https://www.fao.org/3/i4551s/i4551s.pdf>
- FAO. (2018). Los 10 Elementos de la Agroecología. Guía para la Transición hacia Sistemas Alimentarios y Agrícolas Sostenibles. Recuperado el 2021 de septiembre de 15, de <https://www.fao.org/3/i9037es/i9037ES.pdf>
- Franciscus. (2015). Carta Encíclica: Laudato Sí de Santo Padre Francisco sobre el Cuidado de la Casa Común. Ciudad del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana. Recuperado el 2 de noviembre de 2021, de https://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html
- Fukuoka, M. (1995). La senda natural del cultivo. Teoría y práctica de una filosofía verde. Valencia: Terapion.
- González, J. y. (21 de octubre de 2021). Slideshare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JoseCorrales/articulo-critica-a-la-revolucion-verde-via-campesina>

1. Panorama general

- Greenpeace y Ecologistas en Acción. (2003). Uso Actual del DDT en España. Caso de Montecinca. Recuperado el 16 de septiembre de 2021, de <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/uso-actual-de-ddt-en-espa-a-e.pdf>
- Herrero, Y. (2006). The environmental movement in front of the global deterioration: challenges and utopias. *Psychosocial Intervention*, 15(2). Recuperado el 24 de octubre de 2021, de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-05592006000200003
- López Nicolás, J. (2011). La Verdadera Historia de los Alimentos “Bio”. Recuperado el 02 de agosto de 2021, de <https://scientiablog.com/2011/03/16/la-verdadera-historia-de-los-alimentos-%E2%80%99Cbio%E2%80%99D/>
- Manual Básico de Agricultura Ecológica. (s.f.). Recuperado el 13 de agosto de 2021, de https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/surgimiento_ae.pdf
- MAPA (a). (2021). Producción Ecológica. Estadísticas 2020. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- MAPA (b). (2021). Análisis de la Caracterización y Proyección de la Producción Ecológica en España 2021. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.
- Martínez, R. (2004). Análisis de los Estilos de Agricultura Ecológica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (72), 10-21. Recuperado el 24 de septiembre de 2021, de <http://www.sidalc.net/repdoc/a1908e/a1908e.pdf>
- Mollison, B., & Holmgren, D. (1978). *Permaculture One: A perennial agriculture for human settlements*. Australia: Tagari Publications.
- Navarro, G. (15 de septiembre de 2021). Química Agrícola. Evolución y Concepto. Obtenido de <https://www.um.es/documents/811811/13016255/Quimica+Agricola+Evolucion+y+concepto.pdf/1c673c81-a704-4789-acee-96548d8dda33>
- Parlamento Europeo. (2018). Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo.
- Rodríguez, J. (2015). Universidad de Sevilla. Recuperado el 6 de septiembre de 2015, de <https://titulaciongeografia-sevilla.es/contenidos/profesores/materiales/archivos/2015-12-15Crecimiento.pdf>
- Shepard, M. (2017). *Restoration agriculture: Real-world permaculture for farmers*. Acres, USA: Volterra Ecosystems, S.L.
- Tirado, R. (2015). *Agricultura Ecológica: los Siete Principios de un Sistema Alimentario que se Preocupa por la Gente*. (M. B. Kramb, Ed.) Países Bajos: Greenpeace Internacional.

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

José María Salleras Marcó

jmsalleras@gmail.com

Crawford Global Technical Services

Índice

1. Riesgos imprevisibles no controlables
2. Riesgos previsibles y controlables
3. Futuros riesgos imprevisibles ligados al Cambio Climático – Calentamiento Global

Resumen

Se inicia con una breve exposición del Sistema Español de Seguros Agrarios, ideado para abarcar la cobertura de los riesgos imprevisibles no controlables, y a continuación pasar a otra exposición, particularizada con casos variados y emblemáticos a los que nos hemos enfrentado en los últimos años, para poner de manifiesto la necesaria cobertura de los riesgos previsibles y controlables por parte del sector Asegurador privado. Finalmente se reflexiona sobre los futuros riesgos imprevisibles ligados al Cambio Climático – Calentamiento Global.

1. Riesgos imprevisibles no controlables

El Sistema Español de Seguros Agrarios nació en 1978, con el objetivo de establecer una cobertura técnica y financieramente viable que permitiera al sector agrario hacer frente a los graves daños causados en las producciones por riesgos imprevisibles no controlables y de consecuencias catastróficas, y proporcionar al Estado de un instrumento eficaz para poner en marcha una política racional a disposición del sector (AGROSEGURO, 2021a; Ley 87/1978, de 28 de diciembre, de Seguros Agrarios Combinados; Real Decreto 2329/1979, de 14 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para aplicación de la Ley 87/1978, de 28 de diciembre, sobre Seguros Agrarios Combinados).

El seguro agrario en España, siendo la **Agrupación Española de Entidades Aseguradoras de los Seguros Agrarios Combinados, S.A.** (AGROSEGURO) la entidad encargada de su gestión¹¹, está

¹¹ AGROSEGURO se constituyó el 17.04.1980 con un capital inicial equivalente a 6.010 EUR, concurriendo 25 aseguradoras, que a 29.07.1980 se elevaron a cerca de ochenta incrementando el capital hasta un

1. Panorama general

basado en la intervención conjunta de instituciones públicas y privadas, tiene carácter voluntario, se realiza bajo la fórmula de pool de coaseguro (actualmente 18 compañías forman parte del mismo) y cuenta con subvenciones estatales (ENESA¹² y Comunidades Autónomas) al productor para el pago de la prima¹³.

En su presentación conmemorando el 35º aniversario de su fundación, AGROSEGURO manifestaba *“En un mundo tan especializado como es el de la gestión de los seguros agrarios, la experiencia acumulada en estos 35 años nos permite afirmar como breves conclusiones:*

1. *Los riesgos que afectan a la agricultura son por su vinculación con la meteorología, muy severos en intensidad y muy relevantes en frecuencia, por lo que el agricultor y el ganadero necesitan un mecanismo de cobertura apoyado por las Administraciones públicas. El seguro es la mejor alternativa, tanto para los empresarios agropecuarios, que reciben garantía universal – de la que ningún productor puede ser excluido- y una indemnización proporcional al daño sufrido y en un plazo corto, como para las Administraciones públicas, que disponen de un instrumento que les permite presupuestar a priori, que es menos costoso (tanto por la valoración técnica de los daños como por la cofinanciación a cargo del agricultor) y más equitativo y que les permite, además, adoptar determinadas medidas de política agraria.*
2. *En cuanto a los mecanismos específicos de seguro, las características del riesgo – potencial catastrófico y alta volatilidad, unido a la imposibilidad de selección de riesgos- hacen necesario, desde el punto de vista de la técnica aseguradora:*
 - *Una cobertura en coaseguro, que disfrutará de mayores sinergias cuanto mayor sea la agrupación de aseguradoras.*
 - *La constitución de reservas de estabilización para atender a las importantes y frecuentes desviaciones de siniestralidad.*
 - *Un mecanismo de reaseguro que proteja financieramente el sistema ante situaciones excepcionales y que sea estable a medio y largo plazo. La naturaleza pública del reasegurador está, por muchas razones, más que justificada.*
3. *Las subvenciones al coste del seguro son imprescindibles. Las Administraciones públicas, tanto central, como autonómicas, son plenamente conscientes de ello y, aunque han debido afrontar a lo largo del tiempo dificultades presupuestarias, apoyan sin reservas el sistema de seguro.”* (AGROSEGURO, 2014)

En la actualidad, existen coberturas disponibles para todas las producciones agrícolas frente a la práctica totalidad de los riesgos naturales, y este sistema está considerado como uno de los más exitosos y con mayores coberturas a nivel mundial (AGROSEGURO, 2021c).

El primer Plan de Seguros Agrarios Combinados fue aprobado por el Consejo de Ministros del 30.05.1980 con las siguientes líneas:

equivalente a los 150.253 EUR. Según su ‘Informe Anual 2020’, a 31.12.2020 el capital social de AGROSEGURO era de 9 M EUR, con un patrimonio neto de 13.510.765,59 EUR (AGROSEGURO, 2020a)

¹² Entidad Estatal de Seguros Agrarios (ENESA): creada por el Real Decreto 2650/1979 de 11 de octubre, como Organismo Autónomo de carácter comercial, dependiente del entonces Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

¹³ En el año 2020 (al igual que en el 2019), la subvención media sobre el recibo del seguro rozó el 40% (311.95/796.24 M EUR = 39,2%) (AGROSEGURO, 2021b)

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

- Seguro Integral de Cereales de Invierno: cubriendo helada, sequía, inundación y vientos cálidos y/o huracanados desde el momento del encañado en la cosecha de 1981.
- Seguro para uva de vinificación: cubriendo el pedrisco.
- Seguro para manzana: cubriendo el pedrisco.
- Seguro para el tabaco: cubriendo el pedrisco.
- Seguro combinado para cítricos (naranja, mandarina, limón y pomelo): dando cobertura para la helada y el pedrisco.

La progresiva ampliación del Sistema hacia nuevas producciones vegetales y animales no dejó de crecer desde entonces, a pesar de las serias dificultades que se vivieron en los primeros años hasta 1987, así como las derivadas de la penúltima crisis económica del 2008-2012, destacando en el último decenio la incorporación del seguro de coberturas crecientes, las nuevas tecnologías y cobertura de las instalaciones hortofrutícolas (invernaderos, micro/macro túneles, etc.).

En la Figura 1 representamos la evolución de superficies y producciones aseguradas obtenidas del documento presentado por AGROSEGURO coincidiendo con el supramencionado 35º aniversario (AGROSEGURO, 2014). Las correspondientes líneas de tendencia son crecientes, mucho más acusadas para las producciones aseguradas que por sus superficies, si se consideran todas las familias de líneas y líneas de seguro en su conjunto.

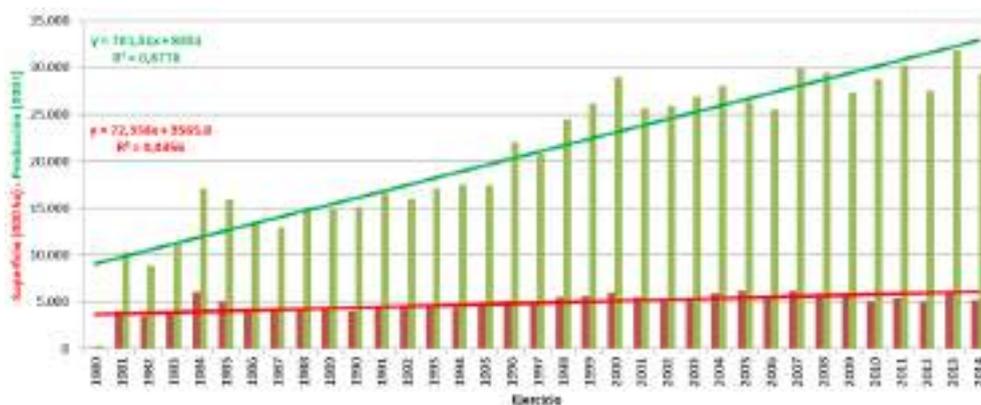


Figura 1. Evolución de superficies y producciones aseguradas entre 1980 y 2014

Con los datos de AGROSEGURO correspondientes a 2020, mostramos en la Figura 2 la evolución de los recibos netos de las superficies y producciones totales aseguradas, así como el porcentaje de las subvenciones estatales recibidas desde su inicio en 1980 hasta el 31.12.20.

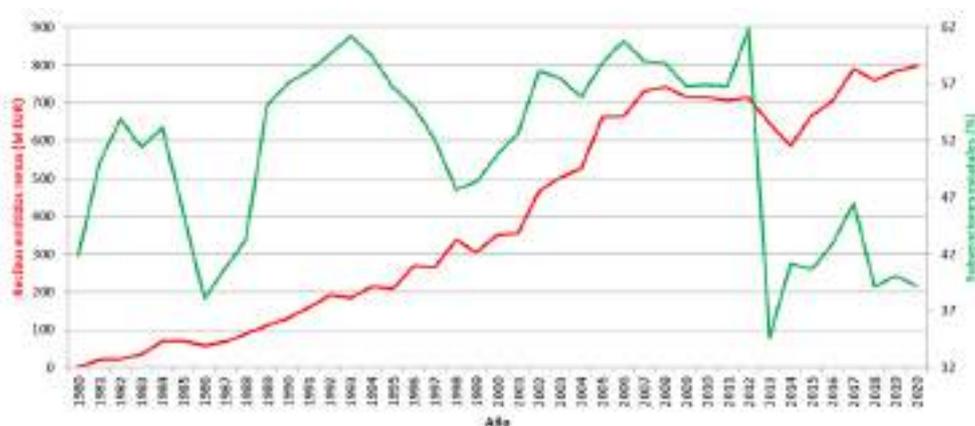


Figura 2. Evolución de los recibos emitidos netos y subvenciones estatales entre 1980 y 2020

1. Panorama general

Quedan sumamente palpables al menos tres crisis importantes durante dicho período:

- 1984-87: Inicio actividad
 - o Factores climáticos especialmente duros,
 - o Falta de conocimientos técnicos y estadísticos del comportamiento de los diferentes cultivos,
 - o Carencia de tarifas adecuadas,
 - o Procedimientos de peritación que no contribuyeron a controlar la gestión de la siniestralidad,
 - o Mecanismos de pago en las subvenciones que generaban dificultades financieras al funcionamiento del Sistema,
 - o Cobertura del reaseguro claramente insuficiente,
 - o Se adoptaron dos medidas:
 1. Clasificación de las líneas de seguros en “viables” y “experimentales”,
 2. Modificación del Sistema de compensación de exceso de siniestralidad por el Consorcio de Compensación de Seguros.
- 1998-2000: Aparición de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB, ‘la enfermedad de las vacas locas’). Desencadenó el mayor volumen legislativo desarrollado nunca por los órganos rectores de la Unión Europea y obligó a las instituciones nacionales a establecer toda una batería de medidas destinadas a prevenir, controlar y erradicar esta patología, destacando
 - o Reglamento (CE) 99/2001 definiendo el concepto de “material específico de riesgo (MER)”,
 - o Reglamento (CE) 1774/2002, de aplicación a partir de 01.05.03, exigiendo de forma general para las dos categorías de “rumiantes” y “resto de animales” muertos en la explotación su incineración o transformación en industrias específicas.
- 2009-12: Crisis financiera, con la consiguiente reestructuración de las asignaciones de las subvenciones estatales a los productores.

En base al citado informe del 35º aniversario de AGROSEGURO, resumimos en la Tabla 1 la evolución e implantación de las superficies y producciones aseguradas medias decenales en las producciones hortofrutícolas españolas.

El sector que en el período 2010-14 tenía mayor porcentaje asegurado sobre el total asegurable era el de **‘Frutales de hueso y pepita’**, con un **64,43% en superficie** y un **82,9 % en producción**, mientras que el de menos porcentaje era el de **‘Olivar’**, con un **7,46%** y un **8,99%** respectivamente, a pesar de ser el que había crecido más desde su inicio 1980-89, con un 846,32% en superficie y un 1.194,10% en producción.

Analizando las cifras por sectores del documento de AGROSEGURO (2021d) “El seguro agrario en cifras 2020”, actualizado para el último trienio 2018-20, podemos mostrar su resumen en la Tabla 2. El actual sector con mayor porcentaje de **superficie asegurada**, media para el período considerado, sería el del **‘Caqui’ con un 82,10% y con un 86,38% de su producción**. El siguiente sería el de los **‘Frutales’ (Albaricoque, Ciruela, Manzana, Melocotón, Nectarina, Paraguayo, Pera y Platerina) con un 62,39% en superficie y con un 84,59% en producción**, seguido muy de cerca por el sector de la **‘Uva de Mesa’** con un 60,58% en superficie y con un 85,30% en

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

producción. El sector 'Hortalizas' sería el que habría experimentado un mayor crecimiento en **superficie asegurada** en 2020 frente a la media del primer período 1980-89, un **891%**, seguido por el sector 'Cítricos' con un **649,3%**. Sin embargo, si consideramos el mayor crecimiento en producciones aseguradas durante el mismo período, nos encontramos que el líder habría sido el sector del 'Olivar', con un **1.231,4%**, mientras que el segundo correspondería al sector de los 'Cítricos', con un **830,1%**.

Tabla 1. Evolución e implantación en la hortofruticultura durante el periodo 1980 y 2014

Período	Superficie Asegurable media (ha)	Superficie Asegurada media (ha)	% Sup. Asegurada / Asegurable	Δ s/80-89 %	Producción Asegurable media (t)	Producción Asegurada media (t)	% Produc. Asegurada / Asegurable	Δ s/80-89 %
Hortalizas								
1980-89	311.928	16.229	5,20		6.385.382	1.757.485	27,52	
1990-99	299.390	40.677	13,59	150,64	8.157.894	1.496.898	18,35	-14,83
2000-09	352.432	73.355	20,81	352,00	13.012.151	3.160.841	24,29	79,85
2010-14	422.512	97.361	23,04	499,92	15.161.462	4.186.392	27,61	138,20
Frutales (hueso y pepita)								
1980-89	170.908	26.805	15,68		2.110.436	322.982	15,30	
1990-99	223.156	98.336	44,07	266,86	2.606.048	1.424.171	54,65	340,94
2000-09	213.950	116.606	54,50	335,02	2.824.140	2.057.832	72,87	537,14
2010-14	166.881	107.528	64,43	301,15	2.656.181	2.201.950	82,90	581,76
Cítricos								
1980-89	231.981	17.116	7,38		3.818.071	345.008	9,04	
1990-99	257.897	80.852	31,35	372,38	5.065.071	1.385.477	27,35	301,58
2000-09	290.314	182.963	63,02	968,96	6.042.380	2.603.088	43,08	654,50
2010-14	292.097	132.616	45,40	674,81	6.443.173	2.984.100	46,31	764,94
Uva de vinificación								
1980-89	1.562.083	175.850	11,26		5.364.856	988.604	18,43	
1990-99	1.248.675	294.768	23,61	67,62	4.983.194	1.899.731	38,12	92,16
2000-09	1.131.027	328.344	29,03	86,72	6.303.928	2.202.341	34,94	122,77
2010-14	915.886	363.874	39,73	106,92	5.382.185	2.522.376	46,87	155,15
Olivar								
1980-89	2.047.819	19.310	0,94		3.399.449	51.062	1,50	
1990-99	2.141.185	56.445	2,64	192,31	3.333.309	118.966	3,57	132,98
2000-09	2.371.057	143.463	6,05	642,95	5.095.000	338.254	6,64	562,44
2010-14	2.449.569	182.734	7,46	846,32	7.351.527	660.794	8,99	1.194,10

La adhesión de España a la CEE en 1986 sirvió para consolidar nuestra posición en uno de los mercados más solventes del mundo. De la delirante y desquiciante atomización inicial de la distribución se derivó hacia una virtuosa espiral de concentración de productores en grandes centrales hortofrutícolas dependientes o proveedores de las grandes cadenas de alimentación, en primer lugar europeas y más tarde mundiales, convirtiendo a España en el primer productor europeo de frutas y el segundo de hortalizas detrás de Italia.

La introducción y mecanización de un sinfín de procesos (material vegetal, injertos, trasplantes, recolección, fertirrigación, sustratos, hidroponía, NFT / NGS, control de clima en invernadero, etc.) ha hecho que, en este momento, las hortalizas al aire libre con destino a la industria y las denominadas de primor, sean las que hacen que no descienda la producción de dicho cultivo y que se incremente la relación del mismo con respecto al valor bruto de la producción final agrícola.

1. Panorama general

Tabla 2. Implantación en la hortofruticultura más reciente

Período	Superficie Asegurable media (ha)	Superficie Asegurada media (ha)	% Sup. Asegurada / Asegurable	Producción Asegurable media (t)	Producción Asegurada media (t)	% Produc. Asegurada / Asegurable
Hortalizas aire libre						
2018	369.602	129.486	35,03	12.073.721	5.204.226	43,10
2019	370.859	150.030	40,45	12.684.700	5.571.133	43,92
2020	370.494	143.150	38,64	12.331.971	6.003.645	48,68
Hortalizas bajo cubierta						
2018	83.486	16.477	19,74	4.819.032	965.109	20,03
2019	85.015	16.832	19,80	4.695.813	953.747	20,31
2020	83.591	17.680	21,15	4.662.898	1.034.476	22,19
Frutales (Albaricoque, Ciruela, Manzana, Melocotón, Nectarina, Paraguayo, Pera y Platerina)						
2018	157.902	100.513	63,66	2.675.481	2.336.304	87,32
2019	155.583	98.260	63,16	2.837.448	2.357.548	83,09
2020	154.216	93.076	60,35	2.660.295	2.217.539	83,36
Cereza						
2018	22.876	6.184	27,03	107.000	39.976	37,36
2019	22.876	5.876	25,69	118.762	38.360	32,30
2020	22.876	5.912	25,84	109.365	37.207	34,02
Níspero y otros frutales (Azufaífo, Castaño, Endrino, Granado, Higuera, Kiwi y Membrillo)						
2018	30.956	5.142	16,61	368.765	63.101	17,11
2019	31.883	5.043	15,82	373.609	59.661	15,97
2020	35.755	4.925	13,77	350.091	59.460	16,98
Caqui						
2018	17.753	14.285	80,47	425.075	347.754	81,81
2019	18.057	15.397	85,27	431.549	396.348	91,84
2020	17.804	14.345	80,57	429.391	367.109	85,50
Uva de mesa						
2018	13.792	8.528	61,83	240.652	205.597	85,43
2019	14.405	8.602	59,72	240.766	205.359	85,29
2020	14.223	8.559	60,18	240.537	204.872	85,17
Frutos secos (Algarrobo, Almendro, Avellano, Nogal, Pacano y Pistacho)						
2018	638.046	42.346	6,64	423.929	45.169	10,65
2019	645.197	58.454	9,06	429.655	71.175	16,57
2020	646.857	83.636	12,93	429.806	102.096	23,75
Cítricos						
2018	303.476	125.965	41,51	7.544.655	3.325.432	44,08
2019	306.179	118.482	38,70	6.113.041	2.892.832	47,32
2020	305.132	128.244	42,03	6.812.280	3.208.791	47,10
Olivar						
2018	2.697.445	123.335	4,57	9.716.124	562.646	5,79
2019	2.619.947	181.053	6,91	7.551.463	812.184	10,76
2020	2.689.549	140.057	5,21	8.013.561	679.862	8,48
Uva de vinificación						
2018	927.283	371.690	40,08	6.596.148	3.111.605	47,17
2019	952.829	387.184	40,64	5.574.567	3.232.145	57,98
2020	943.226	389.879	41,33	6.059.984	3.252.190	53,67

En lo que se refiere al seguro, su evolución ha ido acompañando al desarrollo del sector. Desde los años 80, en los que los riesgos estaban poco definidos (vientos, lluvias, heladas en todos los ámbitos y producciones), pasando por una estabilización de los mismos, se ha llegado en la actualidad a que el tratamiento de los riesgos se realiza de forma cada vez más específica (AGROSEGURO 2020b, 2021c, 2021e, 2021f, 2021g, 2021h; 2021i).

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

Uno de los fenómenos más importantes que han experimentado los seguros de hortalizas es el cambio de los sistemas de producción en algunos cultivos. En el caso del tomate de invierno, por ejemplo, pasamos de cultivar al aire libre el 95% de la producción en la década de los 80, a tener, en la actualidad, al menos este mismo porcentaje bajo cubierta.

Según el Técnico del Departamento de Comunicación de AGROSEGURO, D. Aitor González Moriyón, los registros de la última década, que resumimos en la Tabla 3, confirman que el crecimiento anual medio de las declaraciones del seguro (+ 2,34%), de la superficie (+ 4,21%), producción (+ 4,64%) y capital (+ 14,06%) aseguradas, así como el porcentaje de indemnizaciones abonadas frente al capital asegurado (+ 2,69%), es constante y continuado a lo largo de todo el período considerado.

Tabla 3. Evolución del sector de las hortalizas durante la última década

Año	Declarac. Seguro	Δ anual %	Superficie Asegurada ha	Δ anual %	Producción Asegurada M t	Δ anual %	Capital Asegurado M EUR	Δ anual %	Indemnizac. Abonadas M EUR	Δ anual %	Indm.Abon./Cap.Aseg. %
2011	12.324		106.692		4,7		826				
2012	12.410	0,70	101.379	-4,98	4,1	-12,77	1.571	90,19	29,9		1,90
2013	11.801	-4,91	100.459	-0,91	3,7	-9,76	1.590	1,21	35,0	17,06	2,20
2014	12.309	4,30	106.493	6,01	4,3	16,22	1.703	7,11	40,0	14,29	2,35
2015	13.243	7,59	115.093	8,08	4,9	13,95	1.840	8,04	45,6	14,00	2,48
2016	13.577	2,52	126.724	10,11	5,5	12,24	1.795	-2,45	43,6	-4,39	2,43
2017	13.468	-0,80	133.013	4,96	5,9	7,27	1.837	2,34	40,5	-7,11	2,20
2018	14.060	4,40	137.416	3,31	5,9	0,00	1.915	4,25	95,2	135,06	4,97
2019	14.210	1,07	157.841	14,86	6,2	5,08	1.983	3,55	38,4	-59,66	1,94
2020	15.086	6,16	152.193	-3,58	6,8	9,55	2.226	12,25	83,6	117,71	3,76
Media		2,34		4,21		4,64		14,06		28,37	2,69

Finalmente, el Sr. González Moriyón, para el sector ‘Hortalizas’, nos desglosaba los datos por grupo de cultivo correspondientes a 2020 que resumimos en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos del sector hortalizas por grupo de cultivos en 2020

Grupo de Cultivo-Línea	Superficie Asegurada ha	Producción Asegurada kg
302-HORTALIZAS EN CANARIAS	2.726,42	104.892.109
306-CULTIVOS PROTEGIDOS	5.738	452.728.964
306-TOMATE INVIERNO BAJO CUBIERTA	2.909	296.970.494
307-AJO	24.479,26	299.405.442
307-ALCACHOFA / CARDO / ESPÁRRAGO	2.123,36	29.570.459
307-GUISANTE Y HABA VERDE	11.153,71	82.154.090
307-PATATA Y OTROS TUBÉRCULOS	12.210,66	571.727.525
308-TOMATE EN CANARIAS	340,3	36.391.340
318-BERENJENA	125,03	7.079.901
318-CEBOLLA	11.305,91	805.941.120
318-JUDÍA VERDE	2.341,97	35.617.447
318-MELÓN	8.347,69	315.540.810
318-PIMIENTO	3.728,57	135.863.196
318-SANDIA	5.369,46	367.387.614
318-TOMATE	28.553,97	2.841.007.190
318-ZANAHORIA	907,12	60.830.715
324-MULTICULTIVO HORTALIZAS	772,63	0
327-ACELGA Y ESPINACA	3.558,55	82.586.934
327-BRÓCOLI	11.602,43	173.726.600
327-COLIFLOR	3.308,07	85.127.412
327-LECHUGA	10.590,98	7.304.256
Total	152.193,09	6.791.853.618,00

2. Riesgos previsible y controlables

Para hacer frente a los graves daños causados en las producciones hortofrutícolas por los riesgos previsible y controlables, que tienen que ver con los accidentes, errores, contaminaciones accidentales y/o puntuales, falta de eficacia de productos y concatenación de diversos factores complementarios, los responsables de los mismos pueden y deben de estar cubiertos, como mínimo, por pólizas de Responsabilidad Civil de infraestructuras, productos y servicios, gestionados preferentemente en base al sector asegurador privado.

Recopilaremos, a título de ejemplo, algunos de los casos más destacados y relevantes que nos hemos encontrado y resuelto a lo largo de nuestra experiencia profesional de las últimas décadas:

- A. **La rotura el 25.04.1998 de la balsa de AZNALCÓLLAR (Sevilla)**, Figura 3, provocó unos importantes vertidos/lodos tóxicos, Figuras 4 y 5, que arrasaron algo más de 6.000 ha de cosechas, fauna, flora y suelos en la cuenca del Guadiamar. Las pérdidas agrícolas se valoraron del orden equivalente a los 11 millones de Euros que inicialmente fueron aportados amparándose en la póliza de R.C. suscrita con la aseguradora de la empresa de minería afectada.



Figura 3. Panorámica de la balsa de la mina de Aznalcóllar el 25 de abril de 1998, horas después de producirse la rotura . El vertido, por volumen, fue el 2º/59 grandes accidentes ecológicos de la minería en todo el mundo y el mayor de Europa. *Fuente:* Cejudo, J. (2014)



Figura 4. Suelo con girasol (Calcisol háplico), enterrado por los lodos tóxicos en la zona del río Quema (04.05.98). *Fuente:* Aguilar *et al.* (2000)

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?



Figura 5. Plantación de cítricos afectada por los lodos. Fuente: CanalSur RTVA. (1998).

- B. 2003: **Semillas de tomate híbrido canario de invierno contaminadas** por la enfermedad del chancro bacteriano *Clavibacter (Corynebacterium) michiganensis* subespecie *michiganensis* (Cmm). La contaminación con la bacteria se produjo en el lugar en que se multiplicó la semilla original del obtentor, zona con amplio historial endémico de la enfermedad, y que no fue detectada en el protocolario control de calidad correspondiente del proceso de multiplicación. La enfermedad no se manifestó hasta después de la salida de la plántula injertada en el vivero y unos pocos días después de ser trasplantada en el invernadero de los agricultores de una treintena de cooperativas insulares. Con el desarrollo de la planta trasplantada se vieron incrementados y más palpables los daños ocasionados en las plantaciones realizadas (Figura 6). Las fuertes pérdidas de cosecha ocasionadas tuvieron que ser cubiertas por la póliza de R.C. del productor-ensavador del producto.



Figura 6. Tomate híbrido canario contaminado por la enfermedad del chancro bacteriano. Fuente: Fotografías del autor

1. Panorama general

- C. 2014: **Frutos de una variedad híbrida de pimiento no conformes** con las especificaciones propias de la variedad para ser introducidas en una cesta para exportación de 500 g (18x11x11 cm, 5-7 piezas) en la isla de Creta (Grecia) (Figura 7). La causa más probable estaría conectada a una deriva genética ocurrida durante el mantenimiento y multiplicación de las líneas parentales por parte del “breeder”: se produjo un error al cambiar inconscientemente uno de ellos por otro muy afín pero distinto al original.



Figura 7. Frutos de ‘Pimiento F1’ no conformes sobre cesta de exportación. *Fuente:* Fotografías del autor

- D. 2010: **Error en la recepción de dos semillas de pimiento** de distinto tipo antes de proceder a su envasado y envío a los clientes. Se trataba de unas semillas que debían corresponder a una variedad híbrida de pimiento del tipo Lamuyo variedad “Heracles” para el cultivo al aire libre de diversas zonas de cultivo, y que finalmente se comprobó que pertenecían a otro tipo de pimiento Italiano variedad “Zanetti” para el cultivo en invernadero de Almería (Figuras 8 y 9). Al traspasar del envase original de llegada a un envase neutro que tenía el Asegurado, en el que quedaba almacenado hasta el momento de su envasado, se produjo un error humano, al intercambiarse involuntariamente las etiquetas, que pasaría inadvertido hasta el momento en que, producida la venta del supuesto pimiento Lamuyo “Heracles”, el 18.06.10 se tuvo conocimiento del error habiéndose realmente envasado, vendido y plantado las semillas del pimiento de tipo Italiano “Zanetti” bajo la etiqueta comercial de “Heracles”. Las fuertes pérdidas de cosecha ocasionadas tuvieron que ser cubiertas por la póliza de R.C. del envasador y distribuidor del producto.



Figura 8. Pimiento de la variedad ‘Heracles’. *Fuente:* Fotografía catálogo comercial



Figura 9. Pimientos de la variedad 'Zanetti'. *Fuente:* Fotografías del autor

- E. 2005: **Manguera flexible de PVC Ø 103 mm** como soporte del riego por goteo sobre plantaciones hortícolas para industria: a) calabacín, berenjenas y pimientos en Cortes (Navarra), y b) tomates, berenjenas y pimientos en Montijo (Badajoz). Aparición de síntomas claros de clorosis sobre plantación de calabacín (Figura 10), posterior carencia de cuaje de las flores (Figura 11) para transformarse más tarde en un cuaje de frutos que conforme se iban desarrollando lo hacían con malformaciones manifiestas (Figura 12). Una vez cambiada la tubería inicial por otra de distinto proveedor, la plantación de calabacín se recuperó, después de perder dos floraciones, salvo las 2-3 plantas que se encontraban a ambos lados de la manguera original problemática que se perdieron totalmente (Figura 13).



Figura 10. Síntomas claros de clorosis sobre plantación de calabacín. *Fuente:* Fotografía del autor



Figura 11. Carencia de cuaje de las flores. *Fuente:* Fotografía del autor



Figura 12 Malformaciones en calabacín. *Fuente:* Fotografía del autor



Figura 13. Tras cambiar la tubería por otra de distinto proveedor, la plantación de calabacín se recuperó salvo las 2-3 plantas que se encontraban a ambos lados de la manguera original. *Fuente:* Fotografía del autor

Después de mandar una muestra de la manguera de PVC flexible, de procedencia china, al laboratorio especializado y homologado correspondiente, se conoció que el plastificante que flexibilizaba el PVC era el 'dibutyl phtalate' o DBP. Más de una década antes habíamos tenido un caso similar con unas tuberías (espagueti), también de PVC flexible, portadores de goteros en un invernadero nuevo de planta ornamental en el Delta del Ebro. Según el trabajo de COLE *et al.* (1984), en la National Vegetable Research Station (NVRs) de Wellesbourne (Warwick, U.K.), parece que concentraciones de alrededor de 120 pg/L de DBP están cerca del umbral de daño visible en plantas sensibles al mismo, y la exposición continua a sólo 300 pg/L resulta en la muerte de cultivares sensibles en unas tres semanas. Las fuertes pérdidas de cosecha ocasionadas tuvieron que ser cubiertas por la póliza de R.C. del distribuidor del producto.

- F. 2004: **Problemas de formulación de un insecticida biológico**, a base de *Bacillus Thuringiensis* 32% (32 Millones U.I./g). WG., al producirse un accidente de contaminación puntual debido a la acumulación de residuos sólidos de un herbicida a base de metribuzina 70%, procesado inmediatamente antes del citado insecticida biológico, en algún rincón de la línea de envasado y que no estaría suficientemente limpio a pesar de los controles efectuados sobre el carbonato cálcico utilizado para limpiar la línea de envasado. La aplicación del insecticida en la zona de invernaderos de Roquetas de Mar (Almería) sobre plantaciones de pimientos (Figura 14) y pepino holandés (Figura 15) ocasionó fuertes pérdidas de cosecha que tuvieron que ser cubiertas por la póliza de R.C. del productor-ensavador del producto.



Figura 14. Pimientos híbridos tipo italiano variedad "Aneto" (Semillas Fitó). Fuente: Fotografías del autor



Figura 15. Pepino holandés de la variedad "Azabache" (Enza Zaden). Fuente: Fotografía del autor

- G. 2006. **Aplicaciones de un fungicida**, en principio y teóricamente a base de Captan del 50%, **que provocaron fuertes fitotoxicidades** en las plantaciones frutales (básicamente manzanos y perales) de los socios de dos cooperativas de la provincia de Lleida (Figuras 16 y 17). Analizado el producto causante de los daños resultó tener una concentración del herbicida Diurón del 79 al 89.8 % no detectándose en la misma la presencia de Captan (<0.5%). La causa radicó en un accidente de contaminación puntual debido al posible error cometido por el fabricante formulador consistente en haber tomado del almacén de producto formulado un "big-bag" de Diurón a la máquina de envasado en vez de Captan. Las fuertes pérdidas de cosecha ocasionadas tuvieron que ser cubiertas por la póliza de R.C. del productor-ensador del producto.



Figura 16. Manzano var. "Golden Supreme" y "Golden Delicious". Fuente: Fotografías del autor



Figura 17. Peral var. "Blanquilla". Fuente: Fotografías del autor

- H. 2006: **Aplicaciones del insecticida** a base de Metomilo 20% provocaron una supuesta **fitotoxicidad en plantaciones de lechuga** en Ventas de Zafarraya (Granada). Se trataban de plantaciones veraniegas de lechuga romana y lechuga tipo mini o cogollo de Tudela, utilizando variedades con buena resistencia al alzado recomendadas para su cultivo tanto en primavera como en verano. El tratamiento del insecticida se materializó el 20 de agosto. A los cinco días después el tratamiento se observó que se había producido "un crecimiento exagerado y exuberante" de las plantas de lechuga, las "hojas se hacían más largas que anchas y enhiestas mirando hacia el cielo" (Figura 18), según manifestaban los agricultores afectados. Todo ello se traducía en un alargamiento significativo de los entrenudos de las hojas (Figura 19), tal como recogieron los responsables del fabricante del producto en su primera visita a la zona a finales de septiembre, acabando por producirse la temida y anticipada subida a flor de la plantación sin poder ser recolectada la parcela (Figura 20). Analizado el producto se encontró un contenido significativo de ácido giberélico del 0.23 % p/v, equivalente a 2.300 ppm. La dosis de ácido giberélico recibida (3.83-5.75 ppm), a través del tratamiento con el insecticida Metomilo 20%, por las plantaciones de lechuga de Zafarraya afectadas junto con las altas temperaturas reinantes en los días inmediatamente posteriores a los tratamientos realizados por los productores, de manera especial durante el período comprendido entre el 24 de agosto y el 8 de septiembre, y que pudieron actuar como efecto multiplicador, fue sin lugar a dudas la causa que originó la prematura y total subida a flor de todas las plantaciones de lechuga afectadas. Las fuertes pérdidas de cosecha ocasionadas tuvieron que ser cubiertas por la póliza de R.C. del productor-ensvasador del producto.
- I. 2011: **Aparición de trozos de plástico** (Figura 21) a la apertura de los envases "goodpacks" (Figura 22) con dados de tomate a su llegada a las instalaciones del cliente final holandés. Al analizar los mismos, y según los resultados de la técnica de Espectrofotometría Infrarroja, el espectro obtenido de la muestra era la de un polietileno, mientras que, según los resultados de la técnica de Calorimetría Diferencial, el punto de fusión de la partícula polimérica negra (Figura 23, 12 mm x 6 mm) era la de 111,4 °C, concluyendo que la naturaleza de las partículas presentadas era la de un polietileno HDPE. El Polietileno HDPE era uno de los pocos plásticos considerados como seguros para almacenar alimentos, agua y otros líquidos. La presencia de las partículas de plástico, detectadas por el Reclamante, probablemente provendrían de alguna pequeña pieza de material de fertirrigación localizada, que podría haber pasado

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

desapercibido, por la mano de obra que formaban los equipos de selección manual de la correspondiente línea de producción, en la planta de producción de la fábrica sita en la provincia de Badajoz. Teniendo en cuenta los datos de trazabilidad que cifraban el llenado del contenedor aséptico afectado, se llegaría a la parcela de cultivo del agricultor causante último del episodio. Los daños ocasionados tuvieron que ser cubiertas por la póliza de R.C. de la planta envasadora del producto (tomate cubitado).



Figura 18. Crecimiento exagerado y exuberante de las plantas de lechuga, con hojas más largas que anchas tras la aplicación de insecticida. *Fuente:* Fotografías del autor



Figura 19. Alargamiento significativo de los entrenudos de las hojas de lechuga tras aplicación de insecticida. *Fuente:* Fotografía del autor



Figura 20. Subida de flor de la lechuga anticipada tras la aplicación de insecticida. *Fuente:* Fotografía del autor

1. Panorama general



Figura 21. Aparición de trozos de plástico en el interior de envases de dados de tomate. *Fuente:* Fotografía del reclamante



Figura 22. Aparición de trozos de plástico en el interior de envases de dados de tomate. *Fuente:* Fotografía del autor



Figura 23. *Fuente:* Fotografías del reclamante

- J. 2014: Supuestos fallos en una tubería “TIF 16/1.15 20 cm” con goteros integrados por taponamiento parcial de la salida de estos, en una explotación de fresones con el sistema NGS (New Growing System), nuevo método de cultivo hidropónico recirculante

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

oscilante sin suelo¹⁴, en la zona de Pombal (Leiria, Portugal). En este tipo de cultivo hidropónico en canalillo o canaleta de cultivo no sería recomendable utilizar un tipo de gotero turbulento, como el utilizado en éste proyecto, sino autocompensante, ya que un gotero turbulento, dependiendo de la presión de trabajo a la que esté funcionando, el caudal no es uniforme y unas plantas pueden recibir más agua que otras, pudiendo ser esta una causa importante de la falta de uniformidad en cualquier cultivo. Como posibles causas se barajaron: a) goteros que estaban sin destapar por completo (uno o los dos agujeros que el perforador mecánico no pudo sacar por completo el trozo de plástico por donde tenía que salir el agua) y que obligaban a salir la misma en forma de chorro aunque a su caudal nominal (1,15 L/h, Figura 24); b) campaña con condiciones meteorológicas y pluviométricas muy singulares que pondrían a prueba la capacidad de tomar decisiones del manejo del invernadero; c) agricultores sin experiencia en el sistema de cultivo utilizado (NGS); d) idoneidad por parte del instalador en la selección tanto del sustrato a utilizar (sólo fibra de coco (Figura 25), frente a lo habitual en éste sistema con una mezcla de fibra de coco con perlita) como en la elección de una tubería con goteros integrados con régimen turbulento (más económicos) frente a autocompensantes (más recomendables en éste caso).



Figura 24. Gotero sin destapar por completo. *Fuente:* Fotografía del autor



Figura 25. Sustrato exclusivo de fibra de coco. *Fuente:* Fotografía del autor

¹⁴ La mayoría de cultivos comerciales hidropónicos utilizan sustratos sólidos para el sostén de las plantas y que las mismas estén bien asentadas. Son cultivos sin suelo, en lo que respecta a no contener suelo natural. Perlita agrícola, fibras de coco, turba o lana de roca son sustratos de gran uso en éste tipo de cultivos



Figura 26. Efectos sobre el cultivo de fresa. *Fuente:* Fotografía del autor

- K. 2011: Supuesta fitotoxicidad sobre frutos de pomelo en Orihuela (Alicante) debido a un tratamiento aplicado con un producto que triplicaba el máximo que aparecía en la Hoja del Registro de Productos Fitosanitarios (1,4 L/ha) o en la Etiqueta Comercial (1,5 L/ha), (Figura 27). **Error en la recomendación técnica de la dosis** de un mojante que habría potenciado la acción de un fungicida, cuya materia activa era el azufre, y éste en condiciones de temperaturas elevadas dentro del invernadero (superiores a los 20 °C), habría sido el causante de las quemaduras de las plantas de pepino bajo dos invernaderos en El Ejido (Almería) en 2017 (Figura 28).



Figura 27. Fitotoxicidad en frutos de pomelo. *Fuente:* Fotografía del autor



Figura 28. Quemaduras en plantas de pepino. *Fuente:* Fotografía del autor

- L. 2011: Supuesta **falta de eficacia** de un fungicida a base de óxido cuproso 75% (WG) contra la Aceituna jabonosa (Antracnosis, *Colletotrichum* spp., Figura 29) en plantaciones de olivo en Alter Do Chão (Alentejo, Portugal). Difícil de acreditar por:

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

a) Haberse dado las condiciones climatológicas adecuadas; b) Presencia de al menos dos variedades, “Manzanillo” y “Arbequina”, consideradas como alta y moderadamente susceptibles respectivamente a la citada enfermedad; c) La dosis media del producto implicado y aplicada estaría por debajo de los 2,5 kg/ha del objetivo y muy cercana al límite inferior preconizado en la etiqueta comercial (tratamiento de otoño: 2,0-2,5 kg/ha); d) Dos períodos, casi consecutivos, de fuertes lluvias que con toda seguridad ayudarían a lavar los residuos del fungicida; e) Alta presencia de vientos de la mosca del olivo que comportaría elevar la presión de la plaga, sin poder ser controlada por el insecticida lavado por los dos períodos de fuertes lluvias registradas, lo que significaría incrementar substancialmente las heridas. En 2014 surgió un supuesto mal funcionamiento de una cera, aplicada en una central hortofrutícola de Ambillou Château (Maine et Loire, France), por aparición de “White spot” sobre frutos de manzana en consumidor final en zonas de Taiwán y China. La distribución de todo el lote de 10.000 L se realizó a 5 clientes distintos y sólo se presentó la reclamación de uno de ellos. La explicación más plausible del siniestro fue que éste se produjera como consecuencia de la rotura de la cadena de frío al llegar la fruta a destino, puertos de Taiwán y China presumiblemente con temperaturas y humedades relativas del aire muy elevadas, que en pocos minutos provocarían una fuerte exudación de la fruta, al estar esta supuestamente dentro de su contenedor y antes de su apertura a una temperatura como muy alta de 7°C, destruyendo la acción de la cera y provocando la emergencia del citado “White spot” (Figura 30). El “White spot” se podría definir como unas manchas blanquecinas que aparecen en la superficie exterior de los frutos de manzana tratados cuando estos, procedentes de una cámara frigorífica a una temperatura de unos 6-7 °C (condiciones del contenedor en el que la fruta es transportada hasta su destino asiático), son sometidos a temperaturas superiores a los 30 °C y humedades relativas del aire superiores al 80% y reaccionan rápidamente cubriéndose de una condensación de agua, como si los frutos de manzana se pusieran a sudar, y que en función del tiempo en que permanecen en estas condiciones, que se conocen dentro del sector como de ‘rotura de la cadena de frío’, pueden llegar a destruir la función del tratamiento de cera (frutos relucientes y brillantes) de tal modo que cuando vuelven a entrar en una cámara frigorífica y se secan quedan unas pústulas blancas, como si estuvieran sucias de polvo, que no desaparecen y desmejoran significativamente la buena apariencia comercial de los mismos.



Figura 29. Aceituna jabonosa (Antracnosis, *Colletotrichum* spp.). Fuente: RAIF Junta de Andalucía (2012)



Figura 30. White spot. *Fuente:* Fotografía del reclamante

M. 2016: **Entrega errónea de bandejas de plantas** de tomate y pimiento, en un vivero de Puebla de Vícar (Almería), a varios clientes y producción de variedades no deseadas por los agricultores afectados. Cabe asumir que las irregularidades en el material vegetal entregado por el Asegurado a sus clientes, consistente en la entrega de algunas pocas bandejas de variedades distintas a las solicitadas y acordadas en sus respectivos encargos, habrían sido debidas a la negligencia del personal utilizado probablemente en el proceso de injertado o/y en la selección y carga (Figura 31) de los pedidos afectados produciéndose la entrega de un porcentaje bajo de variedades distintas a las solicitadas, y que se pusieron de manifiesto en su desarrollo en el campo conforme se acercó el momento de la cosecha y se confirmó la diferencia varietal, sobre todo en los agricultores pequeños afectados. Los daños ocasionados tuvieron que ser cubiertos por la póliza de R.C. del productor de las plántulas.



Figura 31. Carro con plántulas preparado para su entrega al agricultor. Fotografía del autor

3. Futuros riesgos imprevisibles ligados al Cambio Climático – Calentamiento Global

Por una parte, en los últimos tiempos los medios nos recuerdan repetidamente un hecho incontestable cual es el aumento de la concentración atmosférica del CO₂ de la atmósfera, tal como refleja la denominada curva Keeling de la Figura 32 (03/1958 – 03/2021) mostrando la evolución de la serie histórica más larga del CO₂ medida instrumentalmente en el Observatorio de Mauna Loa (MLO) del NOAA en Hawái (USA) [~ 3.400 m snm] (Tans, 2021),y que, según el **Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC** por sus siglas en inglés), se fundamentaría el denominado Cambio Climático – Calentamiento Global.

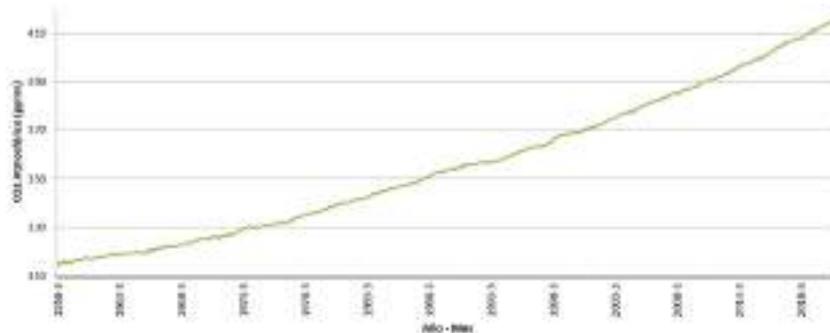


Figura 32. Evolución anual mensual del CO₂ atmosférico en el Observatorio de Mauna Loa (MLO) del NOAA en Hawái (USA)

Según una reciente publicación del Global Carbon Project (2021), la pandemia del COVID-19 estaría reduciendo las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles, la fabricación de cemento y la quema de gas en todo el mundo y en diferentes países y sectores. Los datos revelan la caída y el recrecimiento de las emisiones durante la pandemia, tal como muestran la Tabla 5 para el mundo y la Tabla 6 particularizada para España.

En la Tabla 7 se resume un simple cálculo de lo que representa a nivel global la caída de las emisiones de CO₂ durante la actual pandemia hasta el 30.11.20.

Si analizamos los datos base de la Figura 32, el incremento de CO₂ atmosférico durante el período 01-11/2020 (período COVID-19) vemos que marcan un incremento de 2,43 ppmv CO₂ frente a los 2,51 ppmv CO₂ del año 2019 y los 2,35 ppmv CO₂ de media del trienio 2017-19 (período pre-COVID-19) durante similar período. Humlum (2021) *“No hay ningún efecto perceptible sobre el CO₂ atmosférico debido a la caída relacionada con Covid en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los sumideros y fuentes naturales de CO₂ atmosférico superan con creces las contribuciones humanas”*.

Por otra parte, también es incontestable el hecho de que la temperatura global del planeta medida instrumentalmente, desde observatorios terrestres al menos desde 1850 y desde el espacio a partir de 1979, no deja de crecer. Si tenemos en cuenta lo que mensualmente publican Hansen *et al.* (2021) del **Earth Institute de la Columbia University, el SciSpace LLC y el NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS)** de New York, referente a la temperatura media en superficie del global de la Tierra, estaríamos hablando de que se están registrando las temperaturas (mensuales y anuales) más altas desde la época pre-industrial (tomada como base 1880-1920), tal como muestran la Tabla 8 y el Figura 33.

1. Panorama general

Tabla 5. Variación de las emisiones de CO₂ en el mundo durante la pandemia de Covid-19



Tabla 6. Variación de las emisiones de CO₂ en España durante la pandemia de Covid-19



Tabla 7. Caída global de las emisiones de CO₂ durante la pandemia de Covid-19

Efectos globales COVID-19
1/1-30/11 2020 vs. 1/1-30/11 2019

Gt CO ₂	Gt C	ppmv CO ₂
-1,65360	-0,45131	-0,21

Tabla 8. Anomalías de la temperatura global de la Tierra en superficie en el periodo 2014-2021 con respecto a la media base entre 1880 y 1920 (°C)

Mes	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	1,08	1,18	1,49	1,35	1,14	1,25	1,50	1,17
2	0,84	1,18	1,65	1,42	1,13	1,23	1,54	0,95
3	1,07	1,23	1,63	1,43	1,17	1,45	1,46	1,16
4	1,08	1,04	1,39	1,20	1,16	1,28	1,45	1,02
5	1,13	1,07	1,23	1,17	1,10	1,14	1,29	1,07
6	0,95	1,10	1,10	1,01	1,06	1,20	1,21	1,13
7	0,83	0,99	1,08	1,06	1,06	1,17	1,12	
8	1,05	1,07	1,26	1,11	1,02	1,18	1,10	
9	1,10	1,09	1,16	1,03	1,05	1,16	1,25	
10	1,03	1,32	1,11	1,13	1,24	1,27	1,13	
11	0,93	1,32	1,16	1,14	1,08	1,27	1,39	
12	1,08	1,44	1,14	1,23	1,20	1,40	1,00	
Media	1,014	1,169	1,283	1,190	1,118	1,250	1,287	1,083

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

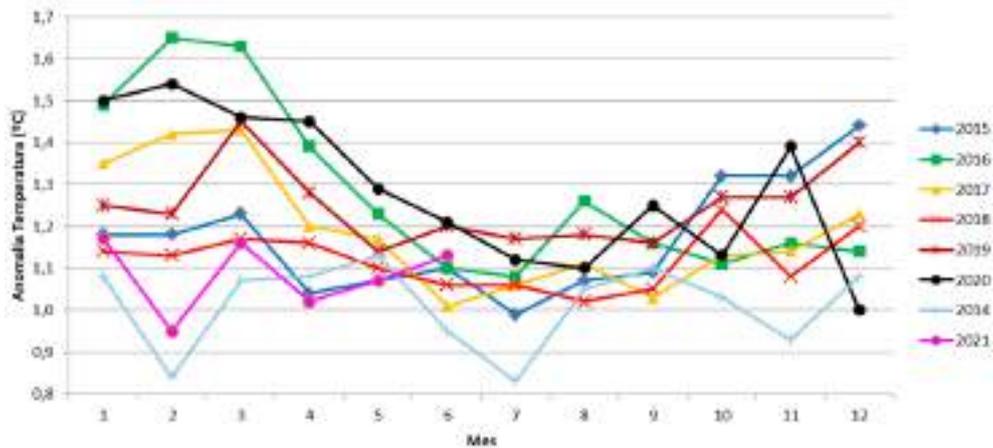


Figura 33. Temperatura de la superficie global relativa a la media entre 1880 y 1920

A principios de la actual década, Kidder y Worsley (2010; 2012), propusieron como vista esquemática del paso nevera (podríamos considerar por simplicidad la época pre-industrial) al invernadero (podríamos considerar por simplicidad la época de finales del presente siglo) el que muestra la Figura 34. Los factores clave en los pasos progresivos de la nevera al invernadero incluyen el cambio de la circulación en el océano profundo del modo térmico al modo salino, expansión de la anoxia (carencia de oxígeno) y euxinia (no hay oxígeno y un nivel elevado de sulfuro de hidrógeno libre), debilitamiento de los cinturones de viento planetarias y, por lo tanto, surgencia impulsada por el viento y transporte de polvo eólico a los océanos. También es crítico el aumento de la mezcla ciclónica de tormentas que se desarrolla a medida que las tormentas tropicales amplían su alcance a latitudes altas y aguas más profundas. Siendo OMZ la zona mínima de oxígeno.

En 2013 Hannah *et al.*, en un exhaustivo estudio centrado en el sector de la viticultura, alertaron sobre el cambio climático y su efecto en los viñedos del mundo. El estudio utilizó información sobre el clima y realizó una predicción para el año 2050. Tras cruzar los datos, una serie de referencias climáticas con la fisiología de las uvas de vino, el resultado fue un mapa mundial con las regiones que serían menos ideales, por su extrema sequía, debido al aumento de las temperaturas continuas que se están dando en todo el mundo, Figura 35. El estudio revelaba un dato inquietante: Las regiones vinícolas más productivas del mundo en la actualidad, no serían capaces de mantener sus rendimientos como lo hacen en la actualidad. Por otro lado, el estudio revelaba que otras regiones más frías, donde actualmente la producción es mucho menor o inexistente, se convertirían en potenciales áreas de producción vitivinícola.

Bent Hansen (2013), en su Historia del Clima de la Tierra, escribía que “Cuando Wilhelm el Conquistador en 1086 d.C. preparó el ‘Libro del Juicio Final’, registró bodegas en 46 localizaciones en el sur de Inglaterra, desde East Anglia hasta el moderno Somerset”. Curiosamente ambas zonas se encuentran incluidas dentro las áreas potenciales en 2050 descritas en la Figura 35.

El profesor Brian Fagan (2007), arqueólogo y antropólogo, escribía “En el año 900 d.C., el ecotono mediterráneo se desplazó una vez más hacia el norte. Durante los siguientes cuatro siglos, los veranos dieron buenas cosechas y alimento suficiente. Durante los cuatro siglos de este adecuadamente llamado Óptimo Climático Medieval, las temperaturas medias estivales en el oeste estuvieron entre 0,7 y 1°C por sobre los promedios del siglo XX e incluso más cálidas en Europa central. Las estaciones de crecimiento se alargaron; los viñedos prosperaron por todo el

1. Panorama general

sur y centro de Inglaterra. Los señores franceses bebieron tanto excelente vino inglés que intentaron negociar acuerdos comerciales para excluir esos productos del continente”. El mismo autor (Fagan, 2008), dentro de su tabla de acontecimientos históricos, fijaba el abandono del cultivo de la vid en Inglaterra para el año 1469 d.C.

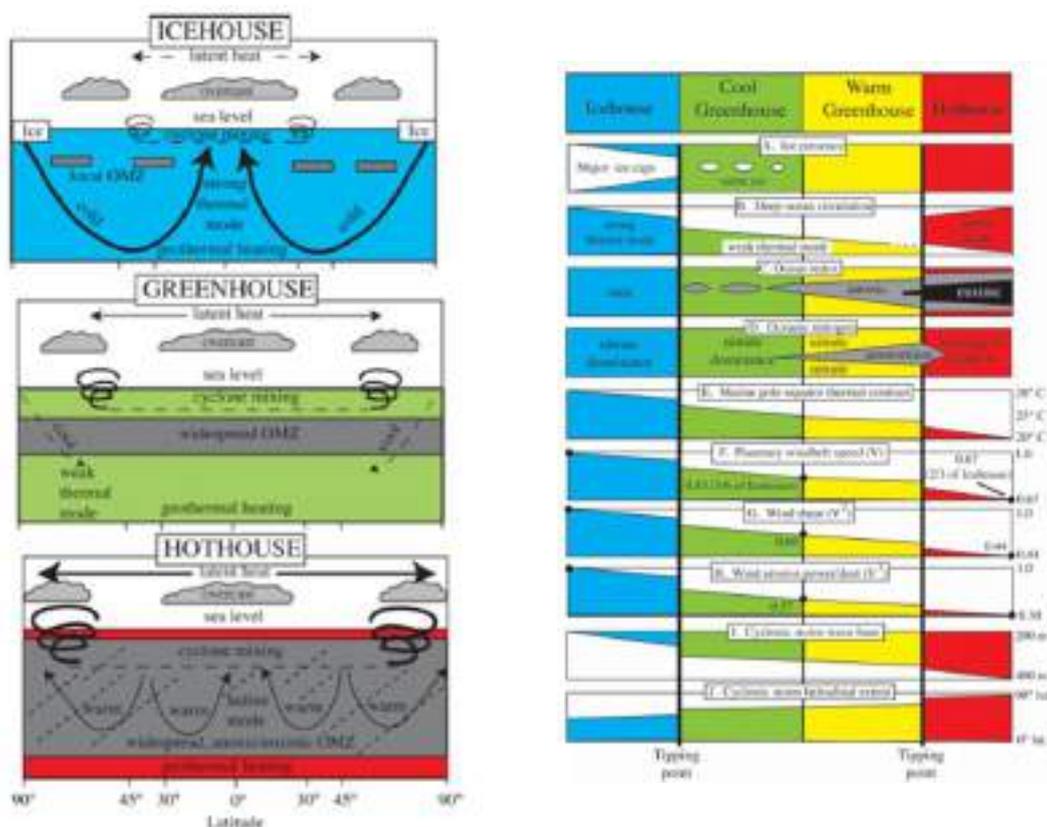


Figura 34. Factores útiles para distinguir entre el paso nevera y el paso invernadero

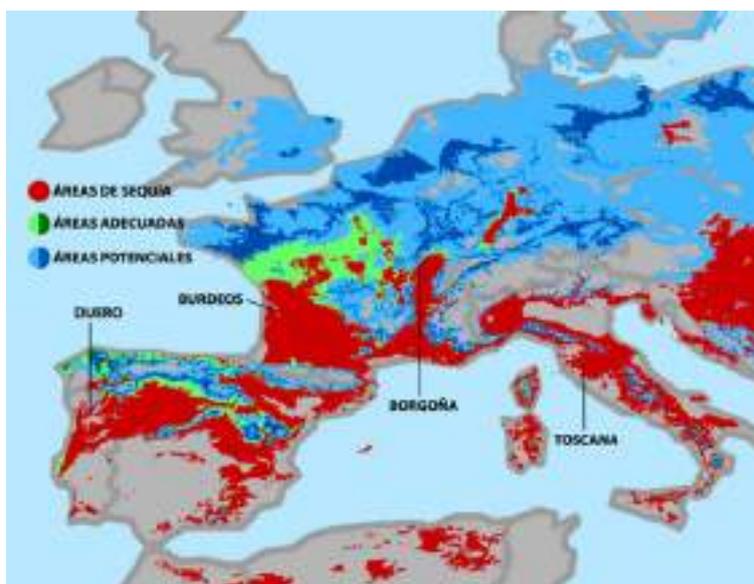


Figura 35. Predicción para el año 2050 del efecto del cambio climático en los viñedos del mundo

Parece que la historia se repite en la actualidad, aunque con una sensible diferencia: en el año 1010 d.C. el contenido 75 años alisado del CO₂ atmosférico registrado en unos núcleos de hielo era de unos 280 ppmv, prácticamente constante durante el siglo XI, mientras que en el 2020 fue

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

de 414,24 ppmv (+47,94%), con un crecimiento medio en los últimos 20 años de 2,23 ppmv/año (Etheridge *et al.*, 1998). Si durante el Óptimo Climático Medieval los vinos de las plantaciones inglesas tuvieron la calidad que mencionaba Fagan en esta ocasión, y debido a la mayor concentración del CO₂ atmosférico, podrían incluso superarlos.

Todo nos induce a pensar que nos podemos encontrar ante un ciclo natural conocido y denominado de Bond (Bond *et al.*, 1997), de Dansgaard-Oeschger o climáticos de 1500 años (1470 ± 500 años).

Ante la tendencia esquematizada en la Figura 34, y particularizado para el cultivo de la uva de vinificación en la Figura 35, los futuros riesgos imprevisibles ligados al Cambio Climático – Calentamiento Global (CC-CG) deberían, a la mayor brevedad posible, profundizar y adoptar las futuras medidas correctoras, para poder adaptarse a la nueva problemática que irá concretándose con el paso del tiempo, en:

- a. Análisis pormenorizado y exhaustivo de cómo pueden influir los cambios inminentes, planteados por el CC-CG, sobre la producción de los productos hortofrutícolas a nivel global y arbitrar, en consecuencia, las medidas de cobertura precisas para su protección o neutralización
- b. Potente y amplia formación de los técnicos, que tendrán que evaluar las causas de los potenciales siniestros registrados, calcular sus daños y encontrar su acomodo a los instrumentos diseñados para su cobertura
- c. Diseño de las nuevas herramientas a utilizar, para implementar tanto las coberturas de los riesgos afectados como su compensación económica razonable y segura para solventarlas

Si no analizamos en profundidad y objetividad la evolución de lo ocurrido en la Tierra desde lo más antiguo que, directa o indirectamente, podamos obtener, con el objetivo de predecir lo que nos puede ocurrir y tomar las decisiones más razonables y convenientes para el futuro, podríamos aplicarnos la famosa cita del poeta y filósofo estadounidense de origen español Jorge Agustín Nicolás Ruiz de Santayana y Borrás (más conocido como George Santayana) *“Aquellos que no pueden recordar el pasado están condenados a repetirlo”*.

Sobre Crawford

Desde hace más de 75 años **Crawford** ha resuelto los desafíos de manejo de siniestros del mundo y ayudó a las empresas a mantener su enfoque en el lugar que les corresponde: en las personas. Con una plantilla de unos 9.000 empleados en 70 países gestiona anualmente siniestros de más de 18.000 M USD. **Crawford & Company** lleva más de 20 años operando en el mercado de seguros de España y Portugal.

Bibliografía

AGROSEGURO. (2014). 1980-2014: El sistema español de Seguros Agrarios en cifras.

1. Panorama general

- AGROSEGURO. (2020a). Informe Anual. https://agroseguero.es/fileadmin/propietario/Agroseguero/Informes_anuales/2021_Inf_Anuar_20/Informe_Anuar_2020.pdf
- AGROSEGURO. (2020b). Seguro de hortalizas al aire libre ciclo otoño-invierno en Península e Illes Balears. Plan 2020. <https://agroseguero.es/productos/sectores/seguos-agricolas/307-hortalizas-al-aire-libre-ciclo-otono-invierno-en-peninsula-e-illes-balears>
- AGROSEGURO. (2021a). Introducción y objetivos. <https://agroseguero.es/agroseguero/quienes-somos/introduccion-y-objetivos>
- AGROSEGURO. (2021b). Entidades Coaseguradoras. <https://agroseguero.es/agroseguero/entidades-coaseguradoras>
- AGROSEGURO. (2021c). Folleto líneas de Seguro Agrario 2021. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwKvC0vvhAhVHqxoKHxfzD1IQFjAAegQIBhAD&url=https%3A%2F%2Fagroseguero.es%2Ffileadmin%2Fpropietario%2FPublicaciones%2FFolleto%2F2021%2FFOLLETO_LINEAS_DE_SEGURO_AGRARIO_2021_CASTELLANO.pdf&usq=AOvVaw29tQizCWaani3myCpxLJDy
- AGROSEGURO. (2021d). El seguro agrario en cifras 2020. https://agroseguero.es/fileadmin/propietario/Agroseguero/Cifras_mas_destacadas/2021/SA_EN_CIFRAS_2020.pdf
- AGROSEGURO. (2021e). Seguro de Hortalizas en Canarias. Plan 2021. <https://agroseguero.es/productos/sectores/seguos-agricolas/302-hortalizas-en-canarias>
- AGROSEGURO. (2021f). Seguro de hortalizas al aire libre ciclo primavera-verano en Península e Illes Balears. Plan 2021. <https://agroseguero.es/productos/sectores/seguos-agricolas/318-hortalizas-al-aire-libre-ciclo-primavera-verano-en-peninsula-e-illes-balears>
- AGROSEGURO. (2021g). Seguro de Multicultivo de Hortalizas. Plan 2021. <https://agroseguero.es/productos/sectores/seguos-agricolas/324-multicultivo-de-hortalizas>
- AGROSEGURO. (2021h). Seguro de hortalizas ciclos sucesivos al aire libre en Península e Illes Balears. Plan 2021. <https://agroseguero.es/productos/sectores/seguos-agricolas/327-hortalizas-ciclos-sucesivos-en-peninsula-e-illes-balears>
- AGROSEGURO. (2021i). Cuadragésimo segundo Plan de Seguros Agrarios Combinados (Plan 2021). https://www.mapa.gob.es/es/enesa/plan_de_seguros_agrarios_y_subvenciones/plan-2021/default.aspx
- Aguilar, J.; Dorronsoro, C.; Fernández, E.; Fernández, J.; García, I.; Martín, F.; Ortiz, I.; Simón, M. (2000). El desastre ecológico de Aznalcóllar. <http://edafologia.ugr.es/donana/aznal.htm>

1.13. Seguros agrarios: ¿Herramienta imprescindible para la gestión de la futura producción hortofrutícola?

- Bond, G.; Showers, W.; Cheseby, M.; Lotti, R.; Almasi, P.; Demenocal, P.; Priore, P.; Cullen, H.; Hajdas, I.; Bonani, G. (1997). A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science*, 278(5341): 1257-1266. DOI: 10.1126/science.278.5341.1257.
<https://science.sciencemag.org/content/278/5341/1257>
- CanalSur RTVA. (1998). Río de muerte: catástrofe ecológica por la rotura de la presa de Aznalcóllar. https://www.youtube.com/watch?v=nS_tFoyqvVU
- Cejudo, J. (2014). La mina de Aznalcóllar cumple 16 años de polémicas desde la catástrofe del vertido. ABC de Sevilla <https://sevilla.abc.es/andalucia/20140315/sevi-cronologia-desastre-aznalcollar-201403142156.html>
- Cole, R.A.; Hardwick, R.C; Fyfield, T.P. (1984). Plastics as a cause of plant damage and death: A review of the role of di butyl phthalate. *Scientific Horticulture*, 35: 1-10.
<https://www.jstor.org/stable/45128398>
- Etheridge, D.M.; Steele, L.P.; Langenfelds, R.L.; Francey, R.J.; Barnola, J.M.; Morgan, V.I. (1998). Historical CO₂ record from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores.
<https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/trends/co2/lawdome.combined.dat>
- Fagan, B.M. (2007). El largo verano: De la era glacial a nuestros días. Editorial Gedisa, S.A. Barcelona.
- Fagan, B.M. (2008). La pequeña edad de hielo: Cómo el clima afectó a la historia de Europa 1300-1850. Editorial Gedisa, S.A. Barcelona. Véase pág. 30.
- Global Carbon Project (2021). Global Carbon Atlas.
<http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/welcome-carbon-atlas>
- Hannah, L.; Roehrdanz, P.R.; Ikegami, M.; Shepard, A.V.; Shaw, M.R.; Tabor, G.; Zhi, L.; Marquet, P.A.; Hijmans, R.J. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. Edited by Robert E. Dickinson, University of Texas at Austin, Austin, TX, 110(17): 6907-6912.
https://www.vinetur.com/documentos/article/20859/CI_PNAS_Climate-Change-Wine-Production-Conservation_Lee-Hannah_March-2013.pdf
- Hansen, B. (2013). History of Earth's Climate: 7. Holocene - The Medieval warm period.
<https://www.dandebate.dk/eng-klima7.htm>
- Hansen, J.; Sato, M.; Kharecha, P.; Von Schuckmann, K.; Beerling, D.J.; Cao, J.; Marcott, S.; Masson-Delmotte, V.; Prather, M.J.; Rohling, E.J.; Shkun, J.; Smith, P.; Lacis, A.; Russell, G.; Ruedy, R. (2017). Young people's burden: requirement of negative CO₂ emissions. *Earth Syst. Dynam.*, 8(3): 577-616, DOI: 10.5194/esd-8-577-2017, véase apartado 4.1 de pág. 583. <https://esd.copernicus.org/articles/8/577/2017/>
- Hansen, J.; Sato, M.; Ruedy, R.; Schmidt, G.; Lo, K.; Hendrickson, M. (2021). Global Temperature.
<http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/>

1. Panorama general

- Humlum, O. (2021). Climate4you update March 2021. Arctic Historical Evaluation and Research Organisation, Longyearbyen, Svalbard.
https://www.climate4you.com/Text/Climate4you_March_2021.pdf
- Kidder, D.L.; Worsley, T.R. (2010). Phanerozoic Large Igneous Provinces (LIPs), HEATT (Haline Euxinic Acidic Thermal Transgression) episodes, and mass extinctions". Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 295(1-2): 162-191, doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.05.036.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031018210003238?via%3Dihub>
- Kidder, D.L.; Worsley, T.R. (2012). A human-induced hothouse climate? GSA Today, 22(2):1-11.
<https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/22/2/pdf/i1052-5173-22-2-4.pdf>
- Ley 87/1978, de 28 de diciembre, de Seguros Agrarios Combinados. (1978). Boletín Oficial del Estado, 11, de 12 de enero de 1979. Referencia: BOE-A-1979-870.
<https://www.boe.es/boe/dias/1979/01/12/pdfs/A00766-00767.pdf>
- Ollila, A. (2014). Dynamics between clear, cloudy and all-sky conditions: Cloud forcing effects. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, 4(1): 557-575.
- RAIF Junta de Andalucía (2012). Antracnosis o Aceituna jabonosa (Colletotrichum acutatum - gloeosporioides).
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwie3tnup4XyAhWNYcAKHT9LBXMQFjAFegQIHxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.juntadandalucia.es%2Fexport%2Fcdn-micrositios%2Fdocuments%2F71753%2F321095%2FAceituna%2Bjabonosa%2Ben%2BOlivar%2Fc637d329-94f0-46c5-b06a-7864783dfa07%3Fversion%3D1.3&usq=AOvVaw0Ybh_fW-opHjyf-z7E7bn
- Real Decreto 2329/1979, de 14 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para aplicación de la Ley 87/1978, de 28 de diciembre, sobre Seguros Agrarios Combinados (1979). Boletín Oficial del Estado, 242, de 9 de octubre de 1979. Referencia: BOE-A-1979-23945. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1979-23945>
- Real Decreto 2650/1979, de 11 de octubre, por el que se crea y estructura el Organismo autónomo Entidad Estatal de Seguros Agrarios (1979). Boletín Oficial del Estado, 280, de 22 de noviembre de 1979, 26957 a 26958.
<https://www.boe.es/boe/dias/1979/11/22/pdfs/A26957-26958.pdf>
- Tans, P. (2021). Use of NOAA GML data.
https://www.esrl.noaa.gov/gmd/webdata/ccgg/trends/co2/co2_mm_mlo.txt
- Vinetur (2015). Qué lugares del mundo producirán los mejores vinos en 2050.
<https://www.vinetur.com/2015090920859/que-lugares-del-mundo-produciran-los-mejores-vinos-en-2050.html>

1.14. Oportunidades de negocio, valor agregado y promoción del consumo hortofrutícola

Pere Papasseit i Totosaus

papasseit.pere@horticulturablog.com

SPE3, ACTUAL FruVeg.

Índice

1. Introducción
2. La modernización de la industria hortícola, entre 1973 y 2021
3. La horticultura europea
4. ¿Cómo consumiremos más frutas y verduras en el futuro?
5. Tendencias en el consumo de vegetales y la Poscosecha 4.0
6. La nueva normalidad post Covid 19
7. Oportunidades de negocio en el sector hortofrutícola español
8. Mirar al consumo
9. El comercio on line y las tiendas especialistas

Resumen

Pertenezco a la generación de los baby boomers y tengo la suerte de haber trabajado bastantes decenios en la industria hortícola¹⁵. Mis comienzos fueron en comercio de semillas y plásticos para los productores y años más tarde como editor de publicaciones profesionales para la “industria hortícola”.

Este artículo contiene reflexiones utilizadas para la preparación de clases en el Curso Tecnología Poscosecha, organizado anualmente en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (ETSIAMN) de la Universitat Politècnica de València (UPV). En la industria hortícola mis trabajos profesionales me han permitido mirar de modo muy cercano la evolución de las tecnologías de producción y poscosecha a medida que fueron apareciendo desde los años 1973 – 2021.

En el último curso de Poscosecha intervine con una charla con los profesionales participantes, alumnos y profesores para comentar los porqués de la actualización de un artículo publicado en HorticulturaBlog, en 2011: “Las fruterías y las cadenas de foodservice ¿cómo son?” (Papasseit, 2021).

¹⁵ El autor define “Industria Hortícola” como al cultivo, posrecolección y comercio de hortalizas y frutas - incluidos frutos secos, - alimentos del olivar y de la viña; en todas sus gamas: frescos y procesados

Este artículo está actualizado en la Biblioteca de Horticultura con este título: “Modelos de tiendas para frutas y verduras – El comercio de la #AlimentaciónSaludable”.

El artículo sobre “más modelos de tiendas en el comercio minorista para frutas y hortalizas” es un ejercicio voluntarista para sugerir que en la industria hortícola moderna hay oportunidades para participar en nuevos negocios y en algunos casos, desde la industria hortícola, liderar actividades económicas basadas en la #AlimentaciónSaludable.

¿En qué creo? En mejorar la renta de los productores. En crear organizaciones, OP, Organizaciones de Productores, y AOP, Asociaciones de Organizaciones de Productores, capaces de influir en el comercio de frutas y hortalizas por toda Europa. En los negocios los mejores piensan a lo grande. En la horticultura profesional mediterránea se puede creer en la economía del bien común. En el libro “Harvesting the Sun¹⁶” publicado por la ISHS, se explica la importancia social y económica de la Horticultura para todos los países del mundo y para la alimentación saludable de las personas y su bienestar (ISHS, 2012).

1. Introducción

La generación de profesionales de los baby boomers que trabajan en la industria hortícola, producción, poscosecha o comercio, son unos afortunados. Entre los productores los cambios han sido muy grandes, pero cuando miramos al comercio hay que aceptar que las ventas de las frutas y hortalizas de las organizaciones de productores han crecido exponencialmente tan solo hacia una “distribución organizada” de grandes corporaciones, la local y otra europea.

En la industria hortícola española hay pocas marcas, y faltan organizaciones comerciales que sean propiedad de los productores. Las frutas y hortalizas, incluso el aceite de oliva o el viñedo no forman parte de los “category killers¹⁷” del comercio alimentario.

Entre los años 70 del siglo pasado hasta ahora, la industria hortícola ha experimentado un proceso de modernización espectacular. Actualmente, las frutas y hortalizas producidas por cultivadores españoles lideran el comercio internacional de estos alimentos, especialmente entre los 500 millones de consumidores europeos.

La economía de los españoles tiene aproximadamente unos 20 millones de empleos, un 17% están en el comercio, un 16-17% en la industria -incluida la agroalimentaria- y tan solo un 4% en la agricultura. Desde 1970 hasta ahora, la evolución del empleo en España ha cambiado radicalmente.

¹⁶ Publicación del ISHS de carácter divulgativo para explicar la importancia social y económica de la Horticultura para todos los países del mundo, para la alimentación saludable de las personas y su bienestar. Reseña sobre el “harvesting sun” en el site de HorticulturaBlog, aquí:

<https://horticulturablog.blogspot.com/2012/10/un-panorama-de-la-horticultura-actual.html>

¹⁷ Los “asesinos de categorías” es una frase que se usa para definir un gran minorista o producto que efectivamente “mata” a otras tiendas o productos de la misma categoría. Los pequeños minoristas y los nuevos productos luchan por competir contra estos asesinos de categorías, ya que a menudo emplean ventajas relacionadas con el tamaño, como las economías de escala.

Actualmente, en las actividades económicas de la horticultura, sus profesionales, las empresas, las OP y las AOP¹⁸ están interesados en conocer tareas, actividades o modelos de negocios de qué hacer y qué harán en la cadena de suministro de la era del European Green Deal, y de adivinar una nueva visión entre productor y consumidor, para los especialistas en el *From Farm to Fork*.

En la generación de los Baby Boomers, al mirar hacia otras industrias, lo que se ve es el crecimiento de grandes corporaciones comerciales. Algunas se muestran en la Figura 1.



Figura 1. Category killers: principales marcas de alimentación, comercio y foodservice

En el curso Poscosecha de la UPV, el especialista en comercio hortofrutícola y asesor, Francisco Borrás explica la espectacular evolución de las exportaciones hortofrutícolas de los españoles (1970 – 2020) y analiza sus principales hitos. La entrada de España en la UE, 1985, el Mercado Único 91-95 y los sucesivos 10 años del milagro de la industria hortícola de los españoles. Desde entonces crecen un 144% las ventas de cítricos a los mercados europeos y un 1575% el resto de frutas, y en cuanto a las hortalizas las ventas se incrementan un 1005%

España en el mapa de la OMS u OMC, Organización Mundial del Comercio es el líder absoluto de los países exportadores de frutas y verduras. En Europa también somos líderes de ventas de estos alimentos. Este era el motivo por el cual los horticultores españoles tuvieron 10 años de adaptación para incorporarse como socios de pleno derecho al mercado europeo.

Entre 1973 y 2021, los cambios en la hortofruticultura han sido muy grandes. En la diapositiva del consultor Borrás se indican aquellos que afectaron a las exportaciones (Figura 2). A continuación -en la Figura 3- otros indicadores de estos cambios, y en el artículo de Joaquín Ros, ex director de Mercabarna, hay un análisis del porqué a este mercado mayorista se le denomina como “la principal ciudad alimentaria de Europa”. En MercaBarna en 1971 las compras de los supermercados eran del 4%, y entonces ningún mayorista de este mercado era exportador de frutas y hortalizas. Actualmente una cuarta parte de las mercancías son para la GDO, Gran Distribución Organizada¹⁹, y otro porcentaje igual para ventas a otros países. La tecnología

¹⁸ OP, OPFH y AOP, Organizaciones de Productores de Frutas y Hortalizas y Asociaciones de Organizaciones de Productores. (denominaciones de carácter jurídico en la UE)

¹⁹ GDO, Gran Distribución Organizada: supermercados, hard discount, hipermercados, marcas de tiendas de conveniencia

1. Panorama general

hortícola acompañó en España esta enorme evolución poniendo los medios necesarios para ayudar a que estos cambios ocurrieran.

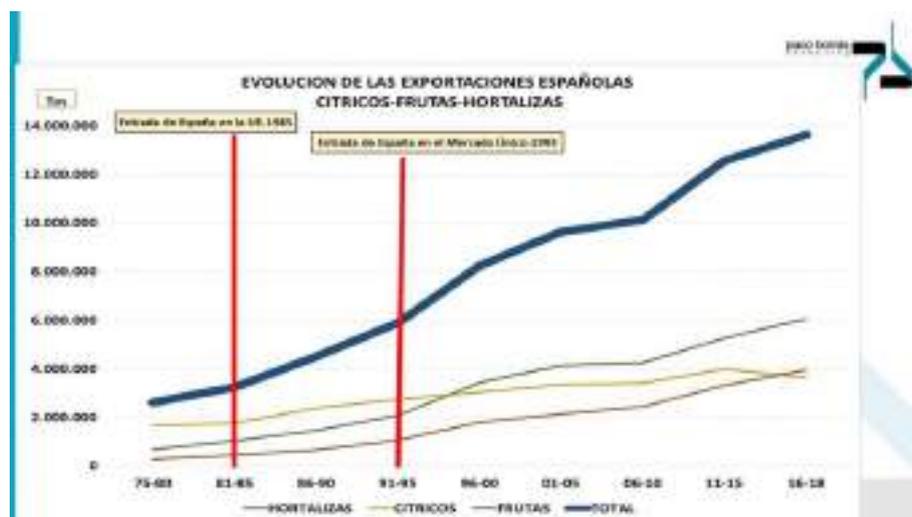


Figura 2. Evolución de las exportaciones españolas de cítricos, frutas y hortalizas desde 1975 hasta 2018.

Fuente: Paco Borrás, 2021



Figura 3. Claves del milagro hortofrutícola español. Fuente: Paco Borrás, 2021

2. La modernización de la industria hortícola, entre 1973 y 2021

Durante el periodo 1973-1975, se produce en España una modernización acelerada de la plasticultura, el riego por goteo y también durante este periodo aparecen y generalizan su empleo las variedades de hortalizas híbridas, 1975-1980, son variedades mejoradas año tras año de semillas resistentes a virus y enfermedades.

1980 – 1990: Cultivos sin suelo y la fertirrigación 1990. El libro “Posrecolección de Hortalizas -3 volúmenes- y posteriormente el interés por las certificaciones de calidad en las Eurep GAP y otras certificaciones de calidad determinaron la importancia de la Poscosecha y de las Buenas Prácticas entre los almacenes cercanos a los productores y la preservación de la calidad de frutas y verduras en los canales de suministro.

1993. En los años 1990 y siguientes, interesa la modernización del comercio europeo de frutas y verduras. En Rotterdam tiene relevancia la feria Ahoy, en España e Italia Euroagro y el Macfrut, ambas se interesan por la poscosecha y el comercio.

En Valencia hay una iniciativa para crear la primera feria de las Frutas y Hortalizas y en Berlín hacen su primera FruitLogística, se trata de adaptar para Europa el modelo de la feria PMA estadounidense.

En 1995, aparece Internet y el portal Horticom.com -Horticultura, Información y Comunicación- y en los años siguientes en Internet, el Fruit&Veg European Project ²⁰ resalta la importancia de las TIC²¹ para las profesiones de la hortofruticultura. En estos años hay la fundación de la Asociación 5 al Día. Representantes de otras asociaciones con el mensaje 5a Día del mundo ya habían participado en la primera feria de Frutas y Hortalizas en Valencia.

En 1975, el líder europeo, del comercio hortofrutícola era la Comunidad Valenciana. Ahora en cambio es Andalucía. **En 2009,** el Fepex crea la feria FruitAttraction en la capital de España.

3. La horticultura europea

En tan solo los últimos 20 años ha cambiado el tablero del comercio europeo de frutas y verduras. Ante los extraordinarios indicadores de las cifras de exportaciones españolas de frutas y verduras y con previsiones que las organizaciones de productores quieren proseguir aumentando sus cultivos ¿a qué nuevos mercados se podrá acceder? (Figura 4).

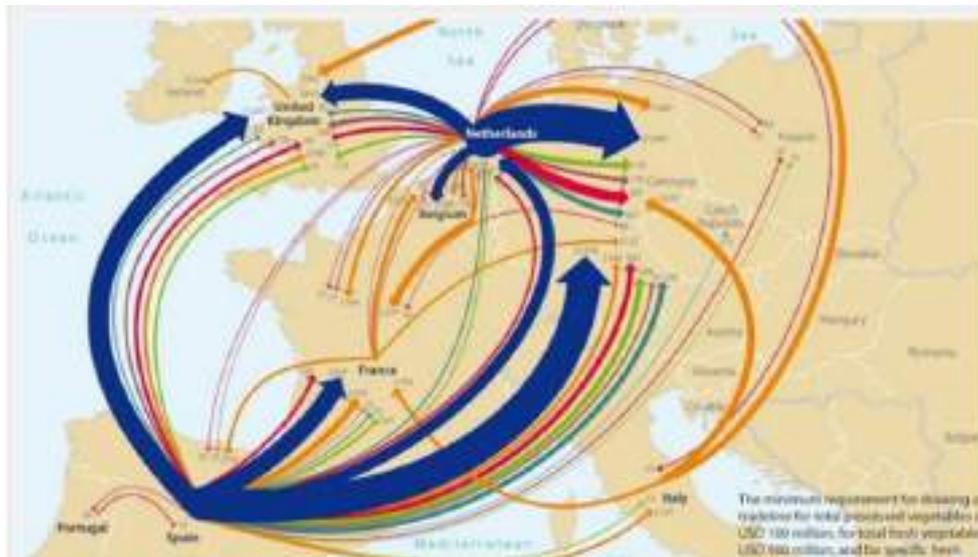


Figura 4. El comercio intraeuropeo de verduras

²⁰ Una de las conclusiones del Fruit&Veg European Project era perseguir y contribuir a un objetivo de consumo europeo per cápita de las 2,5 (*) a 5 porciones de frutas y verduras al día o de más raciones cada día. Al finalizar este proyecto, los participantes españoles de Fruit&Veg (Ediciones de Horticultura) fundaron la asociación 5 al Día en España a finales de 1999. La memoria de actividades 2000-2001 de la asociación contaba entonces que en el mundo había 39 entidades públicas y privadas promoviendo campañas para comunicar a los ciudadanos los aspectos saludables de las frutas y hortalizas (*) la entonces media europea de consumo de frutas y hortalizas

²¹ TIC, Tecnologías de la Información y Comunicación

1. Panorama general

Aunque la estadística del comercio europeo de frutas y verduras aún no lo muestra, hay suficientes indicios del comienzo de una deslocalización en la producción y comercio de estos alimentos. Hay muchos países modernizando sus estructuras de la horticultura: Marruecos, Turquía, Egipto, Senegal, ...

En los cultivos hortícolas mediterráneos, en la poscosecha de los mismos, hay muchos idiomas. La industria hortícola europea ahora habla en español. En las próximas décadas, ¿hablará árabe?

Si continúa aumentando la producción de la industria hortícola española ¿qué hacer para asegurar las rentas de los productores de fruta y hortalizas? Unos dicen que tarde o temprano el señor Putin, presidente de Rusia. Abrirá de nuevo sus mercados y el de sus países satélites, Ucrania, Bielorrusia. Aún con ello habrá que buscar nuevas regiones con consumidores de un buen nivel de vida. Otros piensan, en ACTUAL FruVeg pensamos así, que los 500 millones de europeos aumentaremos nuestra dieta vegetal añadiendo más fruta y verdura, comiendo menos carne.

Paco Borrás, promueve, y en ACTUAL FruVeg estamos de acuerdo, que los españoles debieran liderar la promoción del consumo de frutas y verduras por toda Europa. Los españoles venden más fruta y verdura que Francia y Holanda juntas. La marca Zespri dedica un 10% de sus ventas a promocionarse, Bonduelle y el Green Giant son marcas que se muestran en las tiendas con la misma imagen en todas las gamas.

¿Qué cambiará en la producción hortofrutícola mediterránea? El origen y la logística. En las ciudades, además del triunfante modelo comercial del supermercado, ¿habrá un comercio moderno y organizado de tiendas y marcas de foodservice con #AlimentaciónSaludable?

Vender a más países, comer más fruta y verdura o un comercio con mayor valor Hay una industria hortícola que ya reflexiona en que “no todo está en los kilos”. En Huelva se preguntan ¿Qué vale más dinero, la fresa, las frambuesas o los arándanos? Mirando las superficies plantadas durante los últimos años de berries en Huelva está la respuesta a la pregunta.

Los agricultores de Almería plantan menos tomates y la judía extra temprana de las costas de Almería y Granada ya casi no existe, viene de los huertos de Marruecos.

En los últimos 30 años el protagonismo comercial en la hortofruticultura ha sido para las OP. La industria hortícola de los españoles debería experimentar sobre ¿qué juego pueden dar las AOP para mejorar las rentas de los productores? España, uno de los cuatro mayores socios de la UE en PIB, en vez de enfrentarse a los cambios de la industria hortícola mediterránea en otros países vecinos, quizás debiera pilotarlos.

4. ¿Cómo consumiremos más frutas y verduras en el futuro?

La comunidad de gastrónomos y nutricionistas actuales vaticinan que la dieta de los ciudadanos europeos tendrá más ingredientes de alimentos basados en plantas. Es una tendencia que se consolida, más vegetal y menos carne.

Habrà mayor consumo de frutas y hortalizas. ¿Cómo las compraremos y cómo y dónde las comeremos? ¿En las tiendas y hostelería crecerán las ventas de alimentos enteros,

mínimamente procesados, congelados? Quiénes liderarán una industria alimentaria con mayor participación de los plant-based²², ¿los empresarios de los cárnicos o la industria hortícola? En la industria alimentaria de Estados Unidos y en la europea crecen las empresas foodtech²³, son las más innovadoras.

En los negocios agroalimentarios hablan de dinero; no paran de innovar y crear valor. Crece el interés en comer rápido, pero también sano y bueno, casi vegano, dicen en Uber Eats. En Burger King, uno de los category killers del foodservice, se visten de vegetal (Figura 5).



Figura 5. Campaña de comunicación de la nueva Whopper 100% vegetal de Burger King

En 2010, un anuncio con intención provocadora decía “esto es leche” y se preguntaba ¿dónde está la fruta?; mostrando yogures vestidos de frutas (Figura 6). Ahora para vender carnes y bocatas los anuncios de los killers del foodservice se visten de veggies. Antes, la industria de los lácteos ocupó en los postres el lugar de la fruta fresca.

²² Alimentos procesados o de las gamas más modernas para la dieta basada fundamentalmente en alimentos vegetales, lo cual incluye frutas, verduras, granos enteros, frutos secos, semillas y legumbres, pero pocos o ningún producto de origen animal. Las leches vegetales, los patés y mantecas para untar elaboradas con ingredientes a base de frutos secos, se hacen hamburguesas, incluso beicon o sobrasada, con ingredientes vegetales

²³ Las foodtech —un vocablo inglés que fusiona food (comida) y technology (tecnología)— son empresas y proyectos que aprovechan tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la Inteligencia Artificial (IA), entre otras, para transformar la industria agroalimentaria en un sector más moderno, sostenible y eficiente en todas sus etapas, que abarcan desde la elaboración de los alimentos hasta la distribución y el consumo. En ActualFruVeg.com y en las clases de los cursos Poscosecha de la UPV a los profesionales con estas ideas las llaman la Poscosecha 4.0



Figura 6. Anuncio de yogures con fruta

5. Tendencias en el consumo de vegetales y la Poscosecha 4.0

La Poscosecha 4.0²⁴ tiene que servir para conocer el fruto, la variedad y su gastronomía. En los alimentos plant based se interesan por los tipos de frutos, sus variedades, las formas de procesados y tradiciones culinarias (Figura 7).

Entre las tendencias del comercio alimentario se observa a los chefs con marca y los envases para los negocios locales. Hay ideas gastronómicas que señalan caminos exitosos ¡viva los hongos!, aumenta el interés en los etiquetados de los alimentos naturales, en muchos plant based las informaciones a los consumidores son la clave de sus ventas y hay una fiebre por la fermentación ¿Cambiarán los alimentos ultraprocesados y crecerán los mínimamente procesados? Hay ejemplos de modernidad en aguacate, remolacha, coliflor, pimiento etc.

La industria de la carne de origen vegetal crece rápidamente con un aumento masivo de la población vegana en todo el mundo. Son tendencias alimentarias señaladas como definitivas; de nuevo el mensaje, más vegetal y menos carne.

En uno de los capítulos de un libro de Jairo Hernández cuenta que según un informe elaborado por EIT Food (Food foresight report in south Europe), el 91% de los fabricantes alimentarios españoles han acelerado su tasa de adquisición de tecnología durante 2020.

La industria cárnica norteamericana prevé para 2026 un mercado global de 19,9 billion de \$ de “carne de origen vegano”. La alimentación basada en vegetales está de moda en Estados Unidos,

²⁴²⁴ La no tan imaginaria Poscosecha 4.0 también tiene conocimientos de gastronomía, crea menús, los fabrica y los vende. Para ello, cada Organización de Productores puede realizar sus proyectos desde un laboratorio – obrador o cocina para investigar y crear las ofertas- de sus frutas o verdura en todas las gamas.

<https://actualfrueveg.com/2020/03/14/industria-horticola-2030/>

<https://actualfrueveg.com/2020/06/29/alternatives-for-the-horticultural-industry-in-2030/>

con ventas que crecen un 20% al año desde 2017. Estas son cuotas de crecimientos ya se dieron a principios de los años 2.000 para las bolsas de ensaladas de IV gama.



Figura 7. Pan de remolacha, de la Cocina de Ideas de Huercasa

El crecimiento de la industria de la carne de origen vegetal está impulsado principalmente por el aumento masivo de la población vegana y flexitariana en todo el mundo. Además, hay una creciente población de millennials, que demanda carnes de origen vegetal, ya sea por razones médicas o como un estilo de vida basado en #AlimentaciónSaludable. Por otro lado, el crecimiento en los casos de infección y reacción con productos lácteos y piel animal crea conciencia sobre la #CarneConBaseDePlantas. La creciente población vegana y la innovación pueden brindar oportunidades rentables para una nueva industria hortícola.

En los próximos 30 años habrá innovación y oportunidades en la industria hortícola. ¿Quiénes serán los emprendedores? ¿las OP o AOP de frutas y verduras o las empresas cárnicas, lácteas o las de farináceos?

Para los emprendedores las decisiones hay que tomarlas ahora. Los cambios no son tan rápidos como parecen. Las bolsas de ensaladas de IV Gama comenzaron a popularizarse en 1990 (Figura 8). Las decisiones hay que verlas hoy.

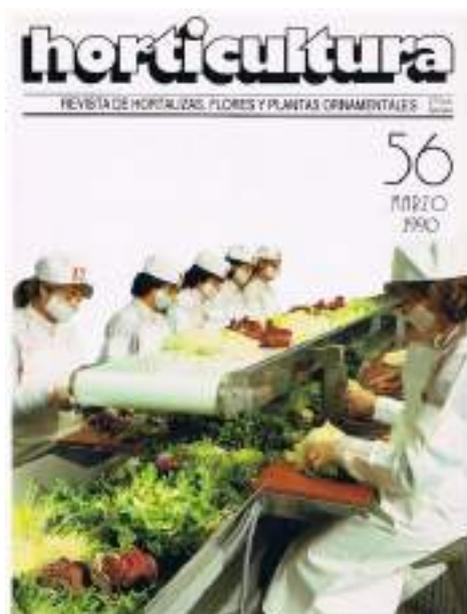


Figura 8. La revista Horticultura en 1990 dedicó una portada y reportaje a las industrias de ensaladas. La imagen era de Perpiñán

6. La nueva normalidad post Covid 19

El Covid 19 ha obligado al comercio a innovar. En el comercio detallista una de cada cinco tiendas va a desaparecer dicen los financieros. Para emprender con nuevas marcas en el comercio de frutas y verduras los ganadores deberán pensar en grande.

En 1975 había una crisis de Buenas Prácticas Agrícolas, en la preparación de alimentos del campo al mercado mayorista. En aquel entonces las marcas de verduras querían exportar al Reino Unido, como hacían los valencianos con las naranjas. Benditos ingleses que obligaron a los empleados de los almacenes hortofrutícolas de algunos de los campos más tempranos de Europa a lavarse las manos y adoptar “Buenas Prácticas Agrícolas”.

Con los éxitos exportadores de las organizaciones de productores de frutas y verduras, en los años 80-90 se extendió la necesidad de adoptar las certificaciones de calidad y los EurepGap, ISO 22000, IFS, Grasp-Global²⁵ – Gap. Ahora con el Covid nos lavamos y desinfectamos las manos continuamente. Según Antoni Bulbuena, *“después de la pandemia el contacto humano será más a medida, sin besos para todos”*.

Quizás, ojalá, lleguen también medidas de buenas prácticas para todos los establecimientos de alimentos, incluidas las fruterías y sus manoseados graneles. La evaluación Grasp-Global - además de para los productores- debería aplicarse también para los canales detallistas de frutas y verduras que dependen del legislador en los municipios. También podría evaluarse la obligatoriedad de las certificaciones Grasp-Global en los países productores que comercializan desde huertos muy lejanos hacia los mercados europeos.

Ahora con las buenas prácticas en la higiene que hemos adquirido con el Covid 19, como antes ocurrió con los escándalos de las vacas locas, nos han convencido a todos sobre la importancia de la higiene en el comercio detallista de alimentos.

En los años 70 la gente comprendió que la hortofruta no es una buena actividad si se trata de graneles de verduras y frutas viajando y vendiéndose de noche en camiones y mercados mayoristas, sin controles ni trazabilidad ninguna. En el comercio de alimentos, como el chocolate, la horchata, la panadería selecta o los yogures, incluso para el agua y la leche, la certificación de la calidad, la información, los envasados inteligentes y prácticos, son necesarios y valiosos para los consumidores.

El aporte de las universidades y la especialización ayudaron al liderazgo de los productores hortofrutícolas españoles en su relación con la gran distribución europea, GDO. En Almería en 1979 había 78 colegiados como Ingenieros Agrícolas, actualmente se calcula que hay más de 2.000 trabajando en la hortofruticultura de las organizaciones de productores de la región.

Las tecnologías de producción intensiva de fruta y en las verduras, tanto para las de invernadero como al aire libre, la mecanización y, en general, la modernización de los cultivos, mejoran continuamente. En el comercio de frutas y verduras, ¿qué hacen las OP y AOP para mejorar las rentas de los productores de frutas y hortalizas?

²⁵ Grasp-Global. Evaluación de Riesgos GLOBALG.A.P. para las Prácticas Sociales. GRASP ayuda a los productores a establecer un buen sistema de gestión social en sus explotaciones

7. Oportunidades de negocio en el sector hortofrutícola español

Paco Borrás, en su charla en el Curso Tecnología Poscosecha de la UPV, presenta un diagrama que indica los huecos de oportunidades de negocios en la cadena de suministro del productor al consumidor (Figura 9).



Figura 9. Paco Borrás explica la actual cadena de suministro de frutas y verduras del campo a las tiendas

A grandes rasgos al mirar el BlockChain de la Supply Chain de la industria hortícola española, podrían destacarse los siguientes cuatro puntos:

- 1- En la producción, hay un caladero importante de conocimiento. Miles de ingenieros agrícolas hacen experiencias y acompañan a los productores en el campo. En la recolección de frutas y verduras españolas, los costes son altos y parece convenientes mejoras en mecanización y logística, del campo al almacén de procesado
- 2- Empaquetados. Paletizados, la caja, unidad de venta
- 3- La Logística. De Huelva y Cádiz a Hamburgo. El 95 de las frutas y verduras viajan en camión, 2.100 camiones diarios, 765.000 camiones al año. ¿Alguien piensa aún que el corredor mediterráneo debe pasar por Madrid?
El corredor ferroviario del Mediterráneo puede ser decisivo para que continúe el liderazgo de la industria y distribución de los productos hortícolas españoles, en los países europeos.
4. La unidad de venta, los modelos y planes de negocio en la industria hortícola española mirando a 2030 evolucionarán. ¿Cómo? La Poscosecha 4.0, es una opción. Hay que mirar más el valor de la caja y menos el número de camiones, creen los redactores de ActualFruVeg.com

En su análisis, Borrás insistía: *“somos muy buenos en lo que hacemos, somos los mejores”*, entonces ¿cómo mirar al futuro?, y, añadimos otras preguntas en TecnologíaHortícola.com ¿cómo mejorar las rentas de los productores? ¿conviene crear nuevos modelos de negocios en las OP de frutas y hortalizas?

8. Mirar al consumo

Las formas de consumo en las actividades comerciales del futuro y de la moderna hostelería ocuparán una larga lista de nuevas profesiones y necesitarán especialistas en el suministro para el *From Farm to Fork*. Lo que viene son tiendas minoristas de carácter temático y una hostelería moderna con menús de más vegetales y menos carne. Todo ello acompañado con servicios de e-commerce: envío paquetes, Click & Collect ²⁶y delivery; habrá oportunidades con los marketplace de alimentación e iniciativas de cooperación entre productores (Figuras 10 y 11).

En el e-commerce, en ActualFruVeg.com no creen que signifique que cada productor tiene una tienda para vender on line, sino más bien de lo que se trata es de organizar una cooperación entre productores con grandes catálogos y servicios -municipales o regionales- para los consumidores (Figuras 13 y 14).

En el e-commerce continuamente aparecen novedades. Leroy Merlin ha creado un marketplace para relacionar a sus clientes con profesionales y en Ikea tienen un modelo de colaborador, del tipo delivery, e incluso facilitarán la energía solar para todos.



Figura 10. Oportunidades para crecer en la industria hortícola



Figura 11. El fundador de BlaBlaCar lanza una plataforma digital para revolucionar el comercio hortofrutícola

²⁶ Click & Collect, también conocido como Compra en línea y Recogida en tienda, es un modelo híbrido de comercio electrónico en el que los usuarios seleccionan artículos en línea y los recogen en la propia tienda o en un punto de recogida centralizado

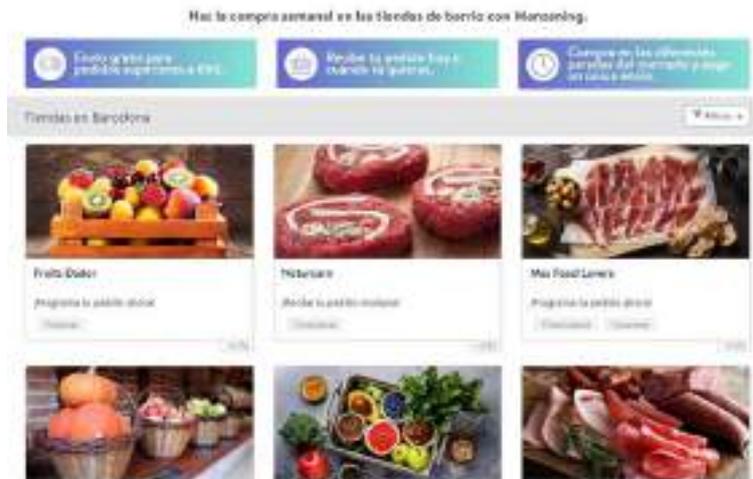


Figura 13. Modelo de marketplace con catálogo de la oferta de las tiendas del barrio. A 15 minutos de mi casa, tienen una oferta local y cercana

Amazon Fresh amplía su servicio de entrega online e Barcelona

Después de dar servicio en Madrid, Amazon Fresh se suma a la tienda de Día para clientes Amazon Prime en Barcelona. El gigante del comercio electrónico intensifica la presión sobre el súper online de Mercadona, Carrefour o El Corte Inglés. En este caso también surge un nuevo competidor para cadenas muy consolidadas en el online en la región como Bonpreu o Consum.



Figura 14. Amazon Fresh se suma a Día para ofrecer su servicio de entrega on-line en Barcelona

9. El comercio on line y las tiendas especialistas

Cuando un cliente está dispuesto a una experiencia puntual, pagará un poco más. El precio está siempre en el punto de mira del cliente porque estamos en una “saturación de la oferta” y de modelos de negocio. El supermercado manda en la distribución organizada de alimentos.

En la fruta y verdura, durante el COVID 19, la demanda de la distribución buscaba asegurar sus básicos. Contar con una buena calidad no es suficiente en el entorno actual del comercio de frutas y hortalizas.

1. Panorama general

Los grandes supermercados y las marcas urbanas del hard discount, LIDL, ALDI, DÍA, no paran de remodelar sus tiendas y modernizan -hegemonizan- su oferta de frutas y verduras. Las organizaciones de productores, con ofertas standard de “básicos y precios bajos”, ¿cómo asegurarán las rentas de sus productores? Hay que hacer más cosas.

En los hábitos de consumo de alimentos hay 5 claves: mejora el interés por la #Alimentación Saludable, el placer y modas gastronómicas, comodidad y precio.

El consumidor quiere variedad. En el HoReCa ya no consumimos más, pero sí mejor, cuentan los especialistas; y ¿el futuro del canal especialista? ¿cómo queremos vender más frutas y verduras en el canal minorista? ¿cómo serán las tiendas y cadenas de foodservice en 2030?

El canal especialista hay que organizarlo. Existen modelos de tiendas innovadores. Hay tiendas BIO, como Herboristeria Navarro en València o el Verita's en Barcelona, ¿Por qué no innovar con tiendas “organizadas” en las cuales lo temático sea la #AlimentaciónSaludable y el BIO solo una categoría? (Figura 15)



Figura 15. En el comercio minorista de alimentos, lo temático, los valores para los clientes ya no son tan solo, el Bio, sí o no



Figura 16. Tienda de la calle Balmes en Barcelona. Ofrecen servicio on line. Las sopas y cremas están recién elaboradas y tienen menús diferentes cada día con alimentos vegetales de temporada. Al fondo hay una galería con dos mesas de “degustación”

Hay quienes creen conveniente acercar los conceptos de “food nation” al de “Dieta Mediterránea, ambos utilizados con éxito en alimentación. Tan solo en España, nos visitan cada año 82 millones de turistas, si añadimos las otras riberas de nuestra mar llegaremos a 250 millones de consumidores. A través de la gastronomía, certificaciones de calidad, seguridad alimentaria y hábitos alimentarios saludables, hay un concepto “euromediterráneo” por dónde acercarse a relevantes actividades económicas.

El alimento BIO era un “nicho” comercial, un sinónimo de saludable. Ahora la etiqueta más valiosa de #AlimentaciónSaludable se aplica al alimento natural, local y certificado (Figura 17). El concepto más vegetal y menos carne va más allá de si además tiene etiqueta BIO, o no la tiene. Si quieres reducir la huella de carbono y hacer una dieta sana concéntrate en lo que comes, y no en si tu comida es BIO o una “carne local”, dicen los nutricionistas. La tendencia es la revolución vegana.

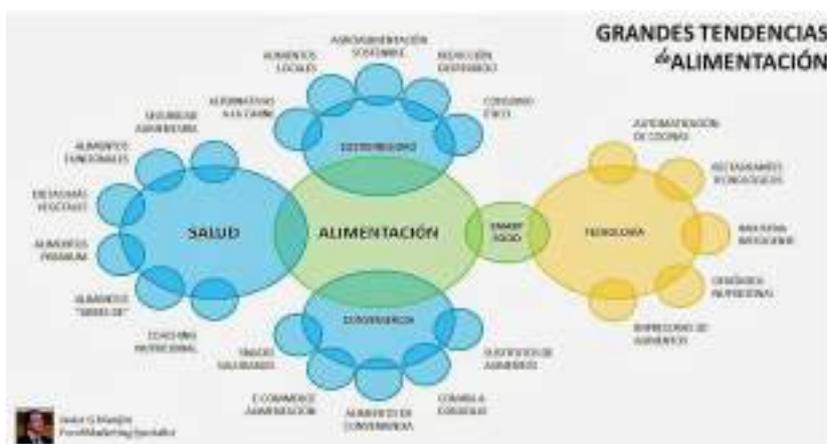


Figura 17. Grandes tendencias en la alimentación

La gente no quiere ver desperdicio alimentario y falta de higiene en los graneles de las tiendas. En ACTUAL FruVeg creen que los productores de frutas y hortalizas y sus organizaciones deben evolucionar hacia una Poscosecha 4.0 y un comercio temático como han hecho las marcas fabricante y distribuidores de la alimentación BIO. En España tenemos fruta de la calidad de un Mercedes y deberíamos empezar a vender como un concesionario oficial de marca y no como un chiringuito de coches de segunda mano compitiendo con los desguaces, dice Oliver Huesmann.

En un artículo de la Biblioteca de Horticultura explican un imaginario cambio en modelos de tiendas para frutas y verduras. Explican, cómo pueden ser las fruterías y las cadenas de foodservice en un comercio venidero de marcas de #AlimentaciónSaludable (ACTUAL FruVeg, 2021a).

En UK un tercio de la población come una dieta reducida de carne. Nunca en la UE, Estados Unidos o Canadá hubo una tendencia tan favorable a incrementar el consumo de frutas y verduras. Sin embargo, los consumidores se centran en los alimentos procesados de los “PlantBased”.

La gente quiere comer fácil, sabroso, variado y a buen precio. En lo saludable hay que incluir el on the go, cocinar sin humos y la fusión de alimentos.

1. Panorama general

El valor en la #AlimentaciónSaludable tiene las 4 claves conocidas: Placer; Modas gastronómicas; Comodidad y Precio; y el popular, cocinar rápido y comer bien.

La alimentación está en el centro del debate, del debate global, el European Green Deal y ha llegado la moda del *From Farm to Fork*. La gente comparte enlaces en las TIC (ACTUAL FruVeg, 2021b).

El 2021 ha sido declarado el año de las frutas y verduras. Este año, post la pandemia del Covid muchos creen que habrá una nueva normalidad. Para verla habrá que poner las luces largas, intentar ver hacia una industria hortícola para el 2030 y más lejos, y, pensar “a lo grande”.

Bibliografía

ACTUAL FruVeg (2021a) Modelos de tiendas para frutas y verduras <https://actualfruveg.com/2021/04/06/modelos-tiendas-foodservice-frutas-y-verduras/>
Acceso: 21 de septiembre de 2021

ACTUAL FruVeg (2021b) Bienvenidos al 2021: el año de las frutas y verduras <https://actualfruveg.com/2021/01/08/fao-frutas-verduras/> Acceso: 21 de septiembre de 2021

Borrás, Francisco (2019). El valor del comercio de las frutas y verduras. En: C. Conesa; S. López Galarza; A. Namesny y P. Papasseit (Eds.), Tecnología Poscosecha – Cítricos y cultivos emergentes en la Comunidad Valenciana (pp. 3-12). Valencia: SPE3 s.l.

ISHS. International Society for Horticultural Science. (2012). Harvesting the Sun: A Profile of World Horticulture. Scripta Horticulturae, 14

Papasseit, Pere (2021). Las fruterías y las cadenas de foodservice ¿cómo son? Biblioteca Horticultura <https://bibliotecahorticultura.com/publicaciones/marketing/las-fruterias-y-las-cadenas-de-foodservice-como-son/> Acceso: 21 de septiembre de 2021

1.15. La investigación agraria: el modelo mediterráneo en citricultura

Eduardo Primo-Millo¹⁺ y Manuel Agustí Fonfría^{2*}

* magusti@prv.upv.es

¹ *Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)*

² *Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM), Universitat Politècnica de València*

Índice

1. De la Estación Naranjera de Levante al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)
2. El Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)
3. El Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA)
4. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS)
5. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA)
6. Consideraciones finales

Resumen

En el siguiente capítulo, se realiza un breve repaso histórico por cada una de las instituciones que marcaron la diferencia en la investigación agraria y son los principales responsables de que hoy, los cítricos del levante español, sean tan reconocidos a nivel mundial.

Entre las instituciones analizadas, encontramos el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), el Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA), el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS), y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA).

En la descripción de cada uno de los centros de investigación, algunos de los cuales sufrieron asociaciones con el paso del tiempo, los autores permiten disfrutar de los grandes avances que sucedieron, tales como: estudio de variedades, importación de nuevos cultivos, desarrollo de diferentes métodos para el control de plagas y enfermedades, nuevas tecnologías para la industria agroalimentaria de cítricos, estudio del suelo y sus efectos en el cultivo, etc.

Finalmente, los autores resaltan que, a pesar de la gran cantidad de centros, a nivel general, siempre estuvieron conformados por investigadores muy cualificados y muchas de las investigaciones, se realizaron de manera conjunta entre varios de ellos, lo cual habla de la buena relación existente entre los centros de investigación.

1. De la Estación Naranjera de Levante al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

Los primeros antecedentes de la investigación agraria en la Comunidad Valenciana se remontan a 1868. Este año se constituyó el Jardín Provincial de Aclimatación en los terrenos del antiguo palacio real de Valencia, ahora conocidos como los Viveros, y hasta entonces propiedad de la Corona. Sobre ellos se creó en 1871 la Escuela Provincial de Agricultura y más tarde, el 4 de marzo de 1881, se formó lo que podríamos definir como el primer centro dedicado al desarrollo agrario, la Granja Modelo o Granja Escuela Práctica de Agricultura de Valencia.

Hasta 1892 la Granja continuó radicando en los Jardines del Real de la Ciudad de Valencia, pero en el 23 de febrero de ese año el Estado cedió estos terrenos a la Diputación y entonces pasó a instalarse en unos amplios terrenos agrícolas en Burjassot.

En esta nueva ubicación, la Granja se consolidó como centro agrícola y se formaron las Estaciones especializadas en distintas materias. Así, la Estación de Patología Vegetal fue creada el 20 de junio de 1924 y más tarde, el 4 de diciembre de 1931, se constituyó la Estación Naranjera de Levante.

El 10 de febrero de 1940 se organizó a nivel estatal el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y se integraron en él las estaciones antes citadas junto con otras.

El planteamiento de las investigaciones de estas no era como el actual, ya que los medios de que disponían eran muy precarios y no se podían comparar con los centros de los países extranjeros más avanzados. No obstante, está fuera de toda duda que las estaciones disponían de excelentes ingenieros, que conocían profundamente los cultivos y sus problemas. Con su probada profesionalidad realizaron una gran labor de desarrollo agrario e introdujeron numerosas innovaciones en la citricultura valenciana.

Los principales avances que se obtuvieron en aquella época fueron los siguientes:

- Caracterización de todas las variedades cultivadas en España y creación de una completa colección con un gran número de ellas en una parcela de Burjasot.
- En 1910 la Granja Agrícola de Burjasot introdujo la variedad Washington navel (ombligo), que alcanzó una amplísima difusión.
- Entre 1920 y 1930 se importaron otras variedades nuevas tales como la Satsuma, la Thompson navel, la Valencia Late y otras del grupo blancas (Cadenera y Berna), así como algunas sanguinas de origen italiano. Hay que destacar, que desde Córcega se trajo una Clementina sin semillas, que luego sería el origen de numerosas líneas, que se han cultivado ampliamente.
- En 1956 entra en España la enfermedad denominada "tristeza", causada por un virus, al que el naranjo amargo era sensible. Puesto que este patrón se utilizaba de forma casi absoluta en las zonas citrícolas de la CV, esta enfermedad tuvo efectos catastróficos en las siguientes décadas, ya que provocó la muerte o el arranque de millones de plantas. Ello obligó a la Estación Naranjera de Levante a importar y ensayar nuevos patrones tolerantes a la tristeza. De ellos se seleccionaron los citranges Troyer y Carrizo o el mandarino Cleopatra, que actualmente se utilizan en casi todas las plantaciones de naranjo y mandarino.

- Paralelamente se importaron de California variedades libres de virus, obtenidas a partir de embriones nucelares, tales como la satsuma, la W. navel, la Salustiana y la Valencia Late. Más tarde la Estación Naranjera seleccionó, por su calidad y sanidad virótica, una línea de Navelina (ENL1). Con todas estas variedades se pudieron replantar numerosos huertos en condiciones sanitarias óptimas.

Por su parte, la Estación de Patología Vegetal aportó diversas innovaciones al sector citrícola, entre las que destacan:

- Puesta a punto del método del entoldado para aplicar gas cianhídrico a los naranjos, cuya eficacia en el control de las plagas fue en aquel momento insuperable.
- Desarrollo de un programa pionero de lucha biológica consistente en la cría en cautividad y la suelta en los huertos de los depredadores *Criptolemus montrouzieri* para controlar la cochinilla algodonosa o “cotonet” (*Planococcus citri*) y *Rodolia cardinalis* para controlar la cochinilla acanalada (*Icerya purchasi*). Por su efectividad estos sistemas siguen estando operativos.
- Introducción de un mosquero de cristal de diseño propio que, mediante un atrayente a base de un hidrolizado de proteínas, capturaba la *Ceratitis capitata*, facilitando enormemente la lucha contra esta plaga. Este método ha sido el precursor de otros mosqueros que se han desarrollado posteriormente.

En 1971 se produce la reestructuración del INIA dentro de la cual se crea el CRIDA 07, donde se integran todas las estaciones que de esta forma desaparecen administrativamente, siendo substituidas por Departamentos de investigación, entre los que destacó el de Citricultura.

En 1973 el INIA firma un convenio con el Banco Mundial, por el que se le concede un crédito para la formación de investigadores y ampliación de instalaciones y medios para la investigación.

Con este convenio muchos jóvenes agrónomos que habían iniciado la carrera de investigación accedieron a becas del Banco Mundial para ampliar su formación en Universidades y Centros extranjeros.

En 1976 se inauguró un nuevo edificio para el CRIDA 07, dotado de los medios más modernos de los que se disponía en aquella época.

Hacia finales de los 70 se van incorporando al CRIDA 07 los becarios del Banco Mundial, que estaban entrenados en los métodos de trabajo que se utilizaban en los centros extranjeros, lo que, unido a la modernización de los equipos, hace que la investigación de este centro experimente un cambio enorme, tanto cuantitativo como cualitativo, alcanzando relevancia internacional.

En 1984 el CRIDA 07 se transfiere a la Comunidad Autónoma Valenciana, pasando a denominarse Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

Los principales logros del IVIA han sido:

- Saneamiento de todas las variedades de cítricos por el método del microinjerto. Con ello, nuestro país puede disponer de material de propagación totalmente exento de virus.
- Selección y caracterización de nuevas variedades aparecidas por mutación espontánea.

1. Panorama general

- Obtención de nuevas variedades tanto triploides, como híbridos diploides. Mejora por irradiación de variedades ya existentes.
- Obtención de nuevos patrones híbridos tolerantes al virus de la tristeza. Entre estos ha destacado el Forner-Alcaide nº 5, por su tolerancia a la clorosis férrica y salinidad, además de por su buen comportamiento agronómico general.
- Establecimiento por primera vez, tras múltiples experiencias de campo, de unas normas racionales para la fertilización superficial de las plantaciones de cítricos, indicando dosis, épocas, fraccionamiento y formas de aplicación de los abonos, en función de la edad de la planta,
- Desarrollo de criterios óptimos para la aplicación de los fertilizantes a través del riego localizado (fertirrigación).
- Determinación de las necesidades de agua de riego sobre la base en la evapotranspiración del cultivo. Mediante experiencias con lisímetros, se estableció una ecuación para determinar los valores mensuales del coeficiente de cultivo (Kc) de los cítricos en función del tamaño del árbol, en las condiciones agroclimáticas del levante español.
- Ampliación de los conocimientos de la fisiología de los cítricos.
- Mejora de los sistemas de lucha integrada contra las plagas.
- Avances en el control de enfermedades en el campo y en la poscosecha.
- Secuenciación del genoma de los cítricos.

2. El Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)

En Murcia se encontraba un subcentro dependiente del CRIDA 07, que, con las transferencias, pasa a depender de la Comunidad Autónoma de Murcia adoptando el nombre de Centro Regional de Investigación Agraria (CRIA), que en la actualidad se llama Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA):

El IMIDA se centró en investigaciones sobre el limón y el pomelo. Fruto de su trabajo se pueden destacar como logros importantes:

- La selección de clones de limonero, algunos de los cuales como los Finos 49 y 95 o los Vernas 51 y 62, tuvieron una gran difusión posterior.
- También fue muy importante la introducción del patrón C. macrophylla para el limonero. Este patrón induce una alta productividad y es muy resistente a la clorosis férrica y a la salinidad, que son las fisiopatías preponderantes en Murcia. Por ello, es actualmente el más utilizado para el limonero.

3. El Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA)

Por otra parte, hacia el año 1945 un grupo de químicos procedentes de la Facultad de Ciencias Químicas de Valencia crean el Departamento de Química Vegetal, que se ubica en los sótanos de la Facultad. Este grupo se dedica inicialmente al estudio e identificación de sustancias naturales de las plantas. Al ir ampliándose da lugar a la constitución en 1956 del Instituto de

Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA) que se integra en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Posteriormente, con el 1er. Plan de Desarrollo se construye un nuevo edificio (1963-66), que en pocos años contaba con 200 personas trabajando. Disponía también de un equipamiento moderno y una metodología de investigación actualizada.

La investigación de este centro se orienta hacia objetivos de utilidad dirigidos al desarrollo de la industria agroalimentaria.

Los trabajos relacionados con la citricultura trataban de mejorar la tecnología de industrialización de zumos cítricos.

Hacia los años 60 también se ensayaron en el campo los primeros herbicidas y fitohormonas. Entre estas últimas, el 2,4-D, que reducía la caída de los frutos maduros y el ácido giberélico (GA3) que mejoraba el cuajado de las clementinas, fueron de gran utilidad para el cultivo.

No obstante, la implicación del IATA en la Citricultura alcanza un mayor nivel a mediados de los años 60 cuando se desarrolla el Plan Nacional Coordinado de Cítricos en el que colaboran el Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura (CEBAS), el IATA y la Estación naranjera de Levante.

Este proyecto realizó importantes avances en la citricultura, combinando por primera vez en nuestro país la ampliación de los conocimientos básicos del cultivo con la mejora de las técnicas aplicadas al mismo. Se pueden destacar los trabajos sobre:

- Mejora de la nutrición y fertilización
- Aislamiento, identificación y primer test de detección rápida de la tristeza.

Hay que mencionar que numerosos ingenieros procedentes de las primeras promociones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos que eligieron la investigación, se incorporaron a los anteriores centros y pudieron desarrollar sus primeras investigaciones al amparo del Plan Coordinado de Cítricos.

4. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS)

En el año 1958 se crea en Murcia el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS), con la clara vocación de resolver los problemas de los suelos de cultivo. Para ello, realizaron excelentes investigaciones en dos temas cruciales:

- Mejora de los métodos para paliar los daños producidos por la clorosis férrica sobre los cítricos.
- Estudio de la salinización de los suelos y sus efectos sobre los cítricos. Mecanismos de defensa de los cítricos contra los iones salinos tóxicos Desarrollo de sistemas para reducir los daños en los cultivos debidos a la salinización del suelo.

Por otra parte, con motivo del trasvase de agua desde el Tajo al Segura, este Centro efectuó un notable trabajo para optimizar la distribución y el aprovechamiento del uso de esta agua.

Actualmente se continúan investigando procedimientos para mejorar la eficiencia y economizar el agua en el riego por goteo.

5. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA)

La Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA), se creó en 1959 e inició su actividad docente en los locales de la Estación Naranjera de Burjasot. En el curso 65-66 se trasladó a un nuevo edificio en Valencia. En 1968 se integró en el Instituto Politécnico Superior de Valencia, que pasó a ser, en 1971, la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), y en 1980 se trasladó al Campus de Vera en el que se encuentra actualmente. Posteriormente, dentro de la Ciudad Politécnica de la Innovación (CPI) de la UPV, localizada en dicho Campus, se creó en 2001 el Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM), cuyo fin es la investigación en la Sanidad y la Producción Vegetal. En 2010 la ETSIA pasó a denominarse Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (ETSIAMN).

Desde su fundación, la actividad investigadora de los profesores de la ETSIA ha estado ligada a las necesidades del campo valenciano, y particularmente a los cítricos. Entre sus logros más importantes destacan:

- Identificación del ácaro rojo de los cítricos (*Panonychus citri*) y estudio de su enemigo natural, el ácaro fitoseido *Euseius stipulatus*, capaz no solo de controlar su población, sino de evitar resurgencias y proliferaciones fuera de época, al final del verano.
- Desarrollo de la lucha contra el minador de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*) con la identificación de los insecticidas más eficaces y respetuosos con el medio ambiente y la introducción y aclimatación del parasitoide *Citrostichus phyllocnistoides*. Este trabajo consiguió, en menos de 10 años, reducir los daños, en términos de superficie foliar perdida, en más de un 80%.
- Desarrollo de un sistema de atracción-quimioesterilización para el control de la mosca de las frutas (*Ceratitis capitata*). Se ha desarrollado también un método para el control de piojo rojo de California mediante confusión sexual utilizando una nueva tecnología de liberación controlada de la feromona. Esta tecnología ha permitido la optimización de dosis de feromonas y otros semioquímicos en métodos de control de plagas basados en trapeo masivo, confusión sexual o atracción y muerte.
- Recientemente se ha aislado e identificado la feromona sexual del cotonet de Sudafrica (*Delottococcus aberiae*) lo que ha permitido el desarrollo de un nuevo método de control para esta plaga.
- Control de la senescencia de los frutos de la mandarina Clementina. Puesta a punto de la técnica de aplicación de ácido giberélico que permite retrasar la recolección del fruto en más de un mes sin detrimento de su calidad.
- Identificación de dos auxinas de síntesis (2,4-DP y 3,5,6-TPA) y su puesta a punto para aumentar el tamaño de los frutos cítricos sin necesidad de aclararlos manualmente.
- Avance, en colaboración con el IVIA, en el conocimiento del mecanismo genético de inhibición de la floración por el fruto, como paso previo a la solución del problema de la alternancia de cosechas.

6. Consideraciones finales

De esta forma, a través del desarrollo de una serie de centros clave se fue consolidando un sistema de investigación citrícola que tuvo relevancia a nivel internacional y contribuyó a la enorme expansión que alcanzaron los cítricos en el levante español y también en otras zonas de España, de tal modo que este país se convirtió en la primera potencia mundial de exportación en fresco.

Una característica muy relevante es que todos los centros disponían de investigadores muy cualificados, buenos conocedores de la citricultura en general y expertos en sus especialidades.

Además, todos los centros estaban bien equipados con instalaciones y aparatos modernos

Es relevante destacar que, en general, las relaciones entre los investigadores de los distintos centros eran buenas, lo que propició la ejecución de numerosos convenios y proyectos conjuntos.

Aparte de esto, se produjo una coordinación espontánea entre los distintos centros, de forma que cada uno estableció sus líneas de trabajo sin apenas solape con las de los otros.

La transferencia de tecnología que se hizo se puede calificar de extraordinaria. Durante las décadas de 1990 a 2010 se hizo un gran esfuerzo para difundir los avances tecnológicos entre los productores, a través de cursillos, conferencias, atención directa de consultas, publicaciones de divulgación, etc. La enorme receptividad de los agricultores hacia las innovaciones y la transmisión oral de estas entre ellos, facilitó enormemente el proceso.

Por consiguiente, en esa época tuvo lugar un periodo en el que, en la zona del Levante español, se combinó la investigación científica y técnica de alto nivel con el desarrollo tecnológico de la citricultura, lo cual tuvo una influencia muy directa en la expansión de este cultivo y contribuyó a crear una importante fuente de riqueza para España.



SEMPERFRESH™

Plant based coatings for postharvest treatment of whole fruit
Recubrimientos a base de plantas para el tratamiento poscosecha de frutas enteras

Reducing food waste

Reduce el desperdicio de alimentos



NatureSeal®

Sulphite and allergen free blends of vitamins and minerals extend shelf life of cut fresh produce while maintaining flavour and texture

Mezclas de vitaminas y minerales para alargar la vida comercial de los productos de IV gama, manteniendo su sabor, aroma y textura. Libre de sulfitos y otros alérgenos



Fresh is simple with NatureSeal
La fresca es simple con NatureSeal



AgriCoat NatureSeal Ltd.

T: +44 1488 648988

E: info@agriccoat.co.uk

www.agriccoat.co.uk

1.16. El desarrollo de la poscosecha en fresco y mínimamente procesada. Una panorámica

Francisco Artés* y Francisco Artés-Hernández

* fr.artes@upct.es

Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Departamento de Ingeniería Agronómica e Instituto de Biotecnología Vegetal. Universidad Politécnica de Cartagena

Índice

1. Desarrollo español reciente de la poscosecha en fresco y mínimamente procesada
2. Situación y algunas perspectivas del subsector de la poscosecha hortofrutícola tras la pandemia causada por el SARS-CoV-2

Resumen

El consumidor requiere a los productos hortofrutícolas que sean más seguros, saludables y sostenibles, ausencia de tratamientos y aditivos, con más calidad, valor nutritivo de bajo aporte calórico, fáciles de comprar, conservar y consumir directamente y un precio razonable. La Industria Hortofrutícola española se ha ido adaptando para satisfacer esa demanda social, involucrando a cuantos agentes integran la cadena agroalimentaria. En particular, la Tecnología Postrecolección, base esencial de esta Industria, ha ido incorporando numerosos progresos científico-técnicos para dicha adaptación empresarial, mucho más intensamente tras el ingreso de España en la Unión Europea.

Este capítulo recoge una sucinta revisión, no exhaustiva, sobre avances en las técnicas utilizadas en épocas recientes para preservar la vida comercial de frutas y hortalizas cosechadas. Entre ellas se incluye la producción sostenible, reducción de insumos (fitoquímicos, agua, energía) y vertidos, conservación refrigerada, humidificación, envasado, modificación de la atmósfera, eliminación de etileno, descontaminación, procesado mínimo, biotecnología, estreses para estimular los compuestos bioactivos, transporte, distribución y empleo de TICs como más relevantes.

Igualmente se ofrece una perspectiva acerca de lo sucedido en España tras la pandemia del SARS-CoV-2 en relación con la Tecnología Postcosecha y su previsible efecto a corto y medio plazo. Los cambios orbitarán sobre la refrigeración y sus coadyuvantes como principal tecnología para preservar la calidad y seguridad de los productos hortofrutícolas recolectados. Además, como el Hambre sigue siendo una lacra social y otra auténtica pandemia, deberán contribuir con

más ahínco a reducir las cuantiosas pérdidas y desperdicios alimentarios actuales en alineamiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

1. Desarrollo español reciente de la postcosecha en fresco y mínimamente procesada

El consumidor solicita cada vez más frutas y hortalizas frescas saludables, con buen sabor y aroma, calidad y seguridad, nutritivas, de fácil consumo, producidas de forma sostenible (en lo social, económico y medioambiental) y de precio asequible. Por ello, la Industria Hortofrutícola ha debido adaptarse para satisfacer adecuadamente esta demanda, involucrando a todos los agentes de la cadena agroalimentaria en la producción, manipulación, transporte, distribución y comercialización. En particular, la Tecnología Postrecolección, su base principal, ha venido incorporando progresos científico-técnicos para la adaptación empresarial a las citadas demandas sociales, sobre lo que se hará una revisión no exhaustiva, especialmente desde 1986, año en que España accedió a la Unión Europea (UE).

Los productos hortofrutícolas se caracterizan por su **diversidad y perecibilidad** (se estiman unas pérdidas medias del 33% desde la cosecha hasta el consumo tanto en países desarrollados como en desarrollo, alcanzando en fresa y tomate hasta el 50%). Para garantizar el buen uso de esas producciones es preciso **minimizar las mermas**, con una mejor selección varietal (el debate sobre los productos transgénicos sigue muy abierto y de actualidad), con una manipulación apropiada y, sobre todo, con la aplicación adecuada de las técnicas frigoríficas y coadyuvantes idóneos innovadores, como el aire húmedo continuo, recubrimientos y fungicidas autorizados, modificación de la atmósfera y envases activos (Artés y Artés-Hernández, 2016) así como con eliminadores del etileno o de su acción en productos sensibles (Álvarez-Hernández *et al.*, 2018). De hecho, un país no puede progresar en el sector alimentario sin la refrigeración porque es decisiva para la inocuidad y salubridad, y su empleo ha reducido radicalmente las enfermedades transmitidas por los alimentos. Para afrontar la creciente insuficiencia de alimentos vegetales y conservarlos para su consumo diferido, el frío es esencial tanto en las zonas de producción y consumo como para el transporte y distribución a distancias cada vez mayores y durante más tiempo de vida útil. Se estima que el almacenamiento a la temperatura idónea junto a una elevada humedad relativa puede suponer hasta el 85% del éxito en conseguir la máxima vida comercial de los productos hortofrutícolas.

Hay expectativas de **aumentar los rendimientos** con variedades más productivas y tolerantes a las limitaciones bióticas y abióticas, optimizar cultivos de **especies secundarias** e incluso **domesticar nuevas especies**. También se espera reducir la huella hídrica, con buen uso y recuperación de agua (mejores técnicas de riego y variedades más resistentes a sequía), mejorar el uso de fertilizantes y la protección de cultivos contra enfermedades y plagas y su adaptación al calentamiento global (Pernollet, 2015). El **cambio climático** es un reto permanente que obligará a la transformación hacia sistemas agroalimentarios más resilientes y sostenibles. Conviene insistir en que es preciso conservar mejor las producciones agrícolas, reducir drásticamente las pérdidas en las cadenas de suministros y aumentar las áreas regadas, la eficacia del trabajo de los agricultores y de sus medios de producción, sin llegar al perjuicio ambiental o invirtiendo hasta el derroche en aumentar los rendimientos (Artés, 2004, 2019c; Artés y Artés-Hernández, 2016). Es inaceptable utilizar recursos para producir alimentos que

nadie consume, con un elevado impacto negativo medioambiental que aumenta con el nivel de procesado y el avance en la cadena de suministro. Se logra reducir esas pérdidas con mejores infraestructuras, más eficiencia, mayor reciclaje, menor necesidad de almacenar, transportes más cortos y menor consumo de energía, todo ello en el marco de la economía circular, donde debe considerarse un flujo prioritario. Por tanto, es esencial aumentar el suministro de alimentos ahorrando más (Artés, 2019c).

La calidad de los productos hortofrutícolas

La calidad hortofrutícola se genera en el campo y solo se puede mantener un cierto tiempo tras la cosecha hasta el consumo. Por ello, para atender las demandas sociales en la cadena de suministro agroalimentario la Industria Hortofrutícola ha implementado un conjunto de **Buenas Prácticas Agrícolas, Buenas Prácticas de Manipulación y Buenas Prácticas de Procesado**. Constituyen acciones para reducir los riesgos de contaminación por peligros biológicos, físicos y químicos en la producción, recolección, acondicionamiento y paletización en el campo, manipulación, envasado y almacenamiento en la Central Hortofrutícola, el transporte y distribución comercial hasta el uso final por el consumidor. Cada vez más se realizan cuantas operaciones son posibles en el propio campo, en plataformas móviles, con recolección mecánica (hortalizas foliáceas), incluyendo la selección, envasado, empaquetado, paletizado e incluso la prerrefrigeración bajo vacío en instalaciones móviles. Ello reduce gastos de mano de obra y evita que muchos destríos se transporten y eliminen en el almacén, pero tiene el inconveniente de que se debe trabajar con esmero para evitar riesgos de excesiva contaminación microbiana. Este conjunto de actividades incorpora el manejo integrado de plagas y del cultivo y proporciona un marco de agricultura sostenible, documentado y evaluable, para producir preservando el medio ambiente. Asimismo, ha debido implantar, supervisar y auditar un sistema lógico que permita identificar, evaluar, controlar, evitar y comunicar, en su caso, los citados peligros para la inocuidad de los alimentos, denominado análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC). Ha sido imprescindible recurrir a técnicas de control de calidad del agua de lavado, su ahorro y reutilización (como la aireación y el uso de ozono -O₃-), ante su escasez y previsible encarecimiento. La producción de frutas y hortalizas enteras y mínimamente procesadas seguras implica vigilar todos los materiales que entran en la cadena de producción, evitar el crecimiento microbiano, reducir la carga y prevenir la recontaminación tras el procesado. Al respecto, es crucial implantar sistemas de APPCC, de trazabilidad y procedimientos de emergencia hasta el consumo (Comisión Europea, 2002; Artés y Allende, 2014; Artés y Artés-Hernández, 2016; FDA, 2017; Jaramillo *et al.*, 2007). Además de los aspectos intrínsecos de higiene, salubridad e inocuidad, para la sostenibilidad de la producción y distribución comercial agrícola, es esencial garantizar la salud de los trabajadores y cumplir la legislación laboral (Piñeiro y Díaz, 2004).

La agricultura de precisión

La novedosa **agricultura de precisión** ha conducido a una elevada uniformidad y calidad de las producciones hortofrutícolas, a ahorrar mano de obra, agua y huella hídrica, energía, pesticidas, fertilizantes y otros insumos, así como a contener los costes de producción, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. Por ejemplo, se extiende el riego deficitario controlado en zonas áridas reduciendo el aporte de agua en momentos de mínimas necesidades del cultivo, sin bajar la producción e incluso mejorando algún atributo de calidad del fruto

(mayores SST, ratio SST/AT, firmeza, color y polifenoles totales), como sucede en granada y fruta de hueso (Falagán *et al.*, 2016; Pérez-Pastor, *et al.*, 2007; Peña-Estévez *et al.*, 2018; Blanco *et al.*, 2019). Es muy relevante la **constante extensión del cultivo orgánico o ecológico**, del número de productos y de sus producciones, por la mejor comprensión de las bases biológicas de la agroecología. La **estrategia “De la granja a la mesa”** del Pacto Verde de la UE plantea dedicar en 2030 el 25% de las tierras agrícolas a estos cultivos, por su contribución a la protección del medio ambiente y al desarrollo rural (Comisión Europea, 2020a).

Cambios socio-económicos-demográficos y adaptación de la poscosecha

En España, como en todos los países desarrollados, los cambios socio-económicos y demográficos, la incorporación de la mujer al mundo laboral, la mayor apreciación del tiempo de ocio y del placer que procura el alimento, el poco tiempo disponible para preparar la comida y su simplificación, así como el envejecimiento de la población ha determinado un consumidor cada vez más urbano, con creciente poder adquisitivo y conocimientos, con tendencia al sobrepeso y obesidad, receptivo a las innovaciones y modas y exigente al elegir sus alimentos y su disponibilidad, al que la Industria Hortofrutícola debe atender. Prefiere los alimentos naturales, no tratados, sin aditivos, fáciles de comprar, conservar y consumir directamente, con o sin algún atributo que les aporte más salubridad y valor nutritivo con bajo aporte calórico, y muestra una preocupación gradual por la calidad, seguridad, trazabilidad, sostenibilidad y compromiso ético (Artés y Artés-Hernández, 2000a, 2010; Artés, 2019bc). Para los productos frescos, la Tecnología Postcosecha se ha ido adaptando en los últimos 50 años, ofreciendo alternativas sencillas, consistentes e imaginativas. Esta actividad abarca el conjunto de técnicas sobre los procesos de manipulación, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de los productos hortofrutícolas para preservar su calidad y seguridad de consumo intermedio y final, prolongar su vida comercial y evitar pérdidas y desperdicios. Sus grandes avances se han basado en la interacción de las secuencias temperatura-tiempo-tolerancia y producto-manipulado-ensado, optimizando estos factores y mejorando la calidad y valor nutritivo. Así, se ha fortalecido enormemente la cadena de frío española y se han optimizado las condiciones de conservación y transporte (cada vez más intermodal) de las frutas y hortalizas bajo refrigeración, atmósfera controlada y atmósfera modificada, incluso en vehículos multicompartimento. Para su extensión ha sido decisivo el control metódico y riguroso de las prácticas higiénicas desde las materias primas hasta el consumo y, desde luego, la innovación ingenieril de los proyectos agroindustriales en la construcción, la distribución en planta, los cálculos y sistemas frigoríficos, la automatización, la reducción del tamaño de equipos con miniaturización de componentes, la mayor velocidad de producción, la eliminación precoz del podrido, el diseño higiénico (incluidas “salas blancas”), el mayor confort y menor riesgo de los operarios (formación, ergonomía, iluminación, ruido, acondicionamiento térmico, etc.) y el buen mantenimiento de las Centrales Hortofrutícolas y las Plantas de Procesado Mínimo, donde se desenvuelven y aplican las Tecnologías Postrecolección para hacer que los productos vegetales sean alimentos seguros y de calidad (Artés y Artés-Hernández, 2000b, 2017).

Algunos desarrollos técnicos

Como destacados ejemplos, se ha extendido la **prerrefrigeración** por aire frío forzado, por agua fría, con hielo troceado, bajo vacío parcial, a veces junto con la eliminación en continuo del etileno para almacenar productos sensibles a su efecto (kiwi, brócoli, tomate, lechuga, cítricos,

fruta de hueso, etc.) y se ha generalizado el control de la humedad relativa (incluso con nebulización) durante la frigoconservación. También han progresado las técnicas automatizadas de desverdización de frutos no climatéricos (cítricos y pimiento) y de maduración acelerada de frutos climatéricos (banana y plátano esencialmente) mediante aportes de etileno en choques, en continuo o intermitentes. Haciendo una retrospectiva, la primera instalación industrial española de desverdización con etileno gas se hizo en Murcia en 1970. También se ha avanzado considerablemente en el diseño de la estiba y densidad de almacenamiento al contar con carretillas elevadoras automotoras, luego con apilado en estanterías, recoge-pedidos y, después, al surgir los almacenes frigoríficos automatizados o “inteligentes”. Por otra parte, ha sido muy notable la implantación de cámaras de atmósfera controlada (la primera instalación industrial en España se hizo en Valencia en 1971), incluidas las de muy elevada hermeticidad para generar y estabilizar atmósferas controladas con ultrabajo O₂ y con bajo nivel de etileno (para frutas de pepita y de hueso) y el empleo de la atmósfera controlada dinámica o del 1-MCP (que bloquea los receptores de etileno e inhibe su acción desfavorable). Algo similar ha sucedido con la implementación industrial de las técnicas de eliminación de la astringencia del caqui mediante CO₂ o alcohol etílico, solos o combinados. También se ha extendido el acondicionamiento del aire en las áreas limpias de las Centrales Hortofrutícolas, así como los tratamientos para depurar por oxidación los residuos de agroquímicos eliminados en el lavado (con detergentes ecológicos) y para minimizar los residuos y el vertido de efluentes de los tratamientos fungicidas. Más recientemente se ha impulsado la automatización y robotización, incluso en línea, de muchas operaciones como el despaletizado, volcado de cajas y palox, enfardado, retirada de envases y palets vacíos, el destallado (lechuga acogollada), cortado (tallos de apio), calibrado, clasificación no destructiva por calidad, pesado, envasado en multitud de variantes, encajado, paletizado, conducción de los palets formados hasta las cámaras frigoríficas, estiba en las mismas y su logística refrigerada desde la expedición hasta la distribución (Artés y Artés-Hernández, 2016).

Polímeros plásticos

Las mejoras técnicas en el envasado mediante polímeros plásticos tanto retráctiles o autoadhesibles, como macroperforados, microperforados o continuos, y termosellados, aplicados junto a la refrigeración, han sido muy notables. Su empleo individualiza el producto (desde unidades de fruto o frutos hasta para pallets completos refrigerados), le confiere mayor valor añadido y favorece la protección mecánica, higiene y seguridad alimentaria (evita contaminaciones secundarias y cruzadas), minimiza la deshidratación al generar una atmósfera rica en humedad y mejora la calidad global (preserva el sabor, color y aroma y retrasa el ablandamiento, la senescencia y el desarrollo fúngico, con reducción de mermas). Igualmente, el **envasado en atmósfera modificada (EAM)** pasiva o activa, generada por la interacción de la respiración del producto con la permeabilidad de ciertos polímeros plásticos, consigue excelentes resultados comerciales. Su empleo en numerosos productos enteros y mínimamente procesados y tamaños de envases, incluso con termoformado, microperforación e inyección de atmósferas activas en línea, ha sido un revulsivo en el sector (Artés *et al.*, 1996, 2012; Artés y Martínez, 1997, 1998; Artés, 2000a, 2006; González-Buesa *et al.*, 2011). El retractilado plástico del producto ofrece muchos beneficios, a bajo coste, al reducir la deshidratación y preservar en buen grado la calidad sensorial postcosecha, la calidad microbiológica y la seguridad alimentaria. Igualmente, el retractilado actúa como aislante térmico y limita las excesivas fluctuaciones de

temperatura durante la distribución comercial. Ese deterioro de la calidad puede conducir a que el producto no sea apto para el consumo, con el consiguiente gasto y desperdicio alimentario. Desde este punto de vista, se debe instar a evitar el despilfarro como responsabilidad ética de cuantos integran la cadena de valor del alimento, desde la producción hasta el consumo. Así pues, el retractilado suele hacer menos perecedero al producto que el desprovisto del mismo, lo que conlleva menos gastos en distribución y reposición, menor precio para el consumidor y menor cantidad de producto que se desecha en los centros de distribución y venta. Lo que se debe conseguir es que sea sostenible para lo que se aboga por más I+D de este tipo de polímeros.

En los años recientes existe un gran debate sobre el empleo de materiales plásticos en la agroalimentación, en particular los de un solo uso, que la pandemia por COVID-19 contribuye a mantener, ya que este virus puede permanecer algún día activo tras fijarse en la superficie del plástico de envasado, lo que se argumenta un tanto forzosamente contra su utilización ya que no se ha demostrado esta vía de contagio.

La industria auxiliar hortofrutícola está ya incluyendo los principios del **ecodiseño** para fabricar nuevos polímeros plásticos alternativos a los sintéticos y envases más seguros en contacto con el alimento, sostenibles, reciclables, compostables y biodegradables, macro y microperforados (con optimización del grado de ventilación), el EAM, así como el retractilado, que aportan valor añadido al producto. Por su parte, la industria exportadora deberá eliminar bandejas plásticas y otros envases secundarios sustituyéndolos por madera, cartón o celulosa, siempre que sea separable el polímero del envase secundario cuando van combinados, reduciendo espesores y componentes (por ejemplo, monomateriales) y optimizando el volumen. Todo ello teniendo en cuenta que el envase es un componente principal del coste del alimento. Además, se ha de concebir bajo el marco de la **economía circular** y revalorización de subproductos vegetales (Comisión Europea, 2020b), o nuevos bioplásticos producidos a partir de fuentes renovables como microorganismos y/o plantas genéticamente modificados, si es posible, para lograr una eficacia igual o superior en su capacidad protectora del producto (uniformidad, propiedades mecánicas, de permeabilidad selectiva o no a los gases y su ajuste a la modificación de la temperatura, para máquinas expendedoras, microondable, horneable, etc.), en envases flexibles o rígidos, incluso multicompartimento, o en recubrimientos, que los ya disponibles. En este sentido se puede citar, por ejemplo, el avance en la aplicación del ácido poliláctico, solo y combinado con papel, del polietileno tereftalato o, aún en menor medida, de los polihidroxi-alcanoatos (como el polihidroxibutirato), y las micro y nanocelulosas, todos biodegradables, para el EAM o en aire de producto entero o mínimamente procesado. Por otra parte, la incorporación al material de envasado de compuestos antimicrobianos y/o antioxidantes, obtenidos de subproductos o residuos alimentarios en biofactorías, permite proporcionar al envase mayor funcionalidad para conservar el alimento y prolongar su ciclo de vida (Chiralt, 2021). También se ha extendido la incorporación de absorbedores o emisores de sustancias bioactivas al material de envasado (Álvarez-Hernández *et al.*, 2019). Todo ello se está orientando al envasado activo o inteligente, dotado también de indicadores temperatura-tiempo para mejorar la calidad, saludabilidad y seguridad del producto durante su vida comercial.

Instrumentación

El progreso de la instrumentación, los **sistemas de medición** o la **sensorica** estática y dinámica de alta tecnología con elevada fiabilidad y durabilidad en las prestaciones es muy llamativo. Sus

aplicaciones más destacadas en el ámbito de la Tecnología Postrecolección han sido en la ventilación, climatización, refrigeración, transporte refrigerado, técnicas y operaciones de proceso para la desverdización, maduración controlada, frigoconservación y procesado mínimo, en el control del estado de madurez, calidad, seguridad, trazabilidad y transparencia de la cadena de suministro de los productos. Por ejemplo, los ensayos para determinar la calidad, incluso interna (firmeza, textura, sólidos solubles, acidez y algunos defectos, incluidas algunas podredumbres), con **ensayos no invasivos ni destructivos**, pueden recurrir a sensores químicos, técnicas de impacto, radiación infrarroja, ultrasonidos, respuesta a impulsos acústicos y vibraciones, impedancia eléctrica y mecánica, análisis de imagen, espectroscopía de reflectancia, imagen en el cercano y medio infrarrojo, rayos X, resonancia magnética, imagen multispectral por rayos láser pulsados, fluorescencia de clorofila o el olfato electrónico (Artés, 2004; Kader, 2013; Artés-Hernández *et al.*, 2010; Ruíz-Altisent *et al.*, 2010; Artés y Artés-Hernández, 2016).

Instalaciones industriales

Hemos asistido a grandes progresos en la construcción y versatilidad de las instalaciones industriales de las Centrales Hortofrutícolas y Plantas de Procesado Mínimo, incluido el trabajo multiproducto, de muy diversa maquinaria en las líneas de transporte, manipulación, selección, clasificación, calibrado, envasado, etc. incluyendo la visión artificial, el “machine learning”, análisis de “big data” y la inteligencia artificial. Ha sido espectacular el progreso del transporte interno y el perfeccionamiento de estas líneas, así como su progresiva automatización, hasta del encajado y etiquetado, y últimamente se han producido nuevos avances en la sensórica durante el almacenamiento y transporte de los productos hortofrutícolas gracias a las tecnologías digitales, electrónicas, de las telecomunicaciones (TICs) y los servicios en la nube. Los adelantos sinérgicos en la biotecnología, nanotecnología y en la ciencia de materiales ofrecen nuevas perspectivas. Por ejemplo, los envases de productos frescos que incorporan nanosensores para captar y analizar señales, conectarse en redes y dictar a distancia la respuesta apropiada mediante controladores, preservan mejor la calidad y previenen pérdidas durante el transporte y distribución (Opara y Mditshwa, 2013; Torres-Sánchez *et al.*, 2020).

Plataformas logísticas y superficies comerciales

En otras actividades como las plataformas logísticas y las superficies comerciales, se han incorporado los grandes beneficios de la **refrigeración** (preserva el frescor y la calidad, evitando el deterioro al frenar el crecimiento microbiano general y patogénico) en la manipulación, transporte, distribución, venta y a escala doméstica. Sus hitos (compresor de tornillo, condensador evaporativo, fábricas de hielo en escamas, transporte refrigerado, frigorígenos no agresores del ambiente, refrigeración indirecta, recuperación del calor de condensación, optimización de cambiadores de calor, variadores de velocidad de los ventiladores, cortinas de aire, paneles sándwich aislantes, autoportantes, de alta estabilidad, resistencia térmica, mecánica y al fuego con recubrimientos, software de control y gestión para ahorrar energía y evitar pérdidas, modulación ante variaciones de demanda y la climatización, entre otros) han sido claves en la transición frigorífica y alimentaria de las últimas cinco décadas. A ello se ha añadido la gradual implantación de las técnicas de **Producción Integrada**, extendida hasta la postrecolección. Estos hitos han marcado un progreso formidable del sector agroalimentario, al que han contribuido los avances en la trazabilidad “inteligente” de la cadena de suministro y

han hecho posible la globalización mundial de los mercados. De hecho, los consumidores se interesan cada vez más por el origen y condiciones de envío de los alimentos perecederos, por lo que es esencial contar con un sistema de trazabilidad integral, eficaz y eficiente en la cambiante y compleja cadena de suministro. Los más efectivos se basan en modelos predictivos, análisis físicos, químicos y biológicos, códigos de barras (tal vez el avance más destacado en muchas décadas en el mercado hortofrutícola, indispensable para la cadena de suministro y el comercio electrónico) y las TICs, básicamente la identificación por radiofrecuencia (RFID).

Tratamientos poscosecha

Respecto a los tratamientos químicos poscosecha, las materias activas se han limitado mucho, hasta llegar a prohibirse algunas por su potencial toxicidad para el hombre y/o el medio ambiente. Además, con frecuencia se reducen los niveles máximos de residuos e incluso ciertas cadenas de distribución comercial los acentúan y limitan el número máximo de materias activas en el fruto (Wisniewski *et al.*, 2016) conforme se reducen los límites de detección. A este respecto existe la justa reivindicación de los productores agrícolas de la UE de que se exija cumplir la normativa europea para autorizar importaciones, que suele ser más restrictiva que la de otros países, entre ellos Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.). Un destacado ejemplo sucede en los cítricos, en particular para el limón (AILIMPO, 2020). Hay que considerar que un aumento de las exigencias ambientales de las importaciones agrícolas europeas penalizará las exportaciones de terceros países, con seguras consecuencias en “guerras comerciales”. También es de reconocer que la apertura del mercado de la UE ha contribuido a aumentar la competitividad y calidad de las producciones europeas, que han debido atender mejor sus respectivos mercados nacionales, para abrirse paso paulatinamente incluso a los transcontinentales.

En las Centrales Hortofrutícolas ha habido grandes progresos tecnológicos ligados a las fuertes inversiones estimuladas por las administraciones europea, nacional y regional tras acceder a los fondos estructurales de la UE para modernizar empresas, junto a la obligada reestructuración asociativa, así como a la excelente capacitación técnico-laboral con que cuenta el sector (Artés, 2020). Hoy día es habitual aplicar fungicidas de bajo perfil toxicológico y alta especificidad, al menos en dos puntos (en el duchado previo y con fumígenos en cámaras, y en la línea, lavadora, balsa, duchadora, enceradora, por pulverización o por cortina de espuma) y con dos productos activos de diferente forma de acción para evitar resistencias. También se recurre a aditivos alimentarios (como el sorbato potásico, benzoato sódico, parabenos o bicarbonato sódico), tratamientos ecológicos o sin residuo, o a algún fitoregulator autorizado para evitar la caída del cáliz y proteger la piel. La dosificación ajustada a la fruta realmente tratada reduce consumos de fitoquímicos, agua, energía y vertidos (Conesa, 2019).

Para mantener la calidad y valor nutritivo del producto entero y mínimamente procesado, se ha acelerado el desarrollo de nuevas formulaciones antimicrobianas y combinaciones con recubrimientos (ceras o ésteres), agentes de biocontrol y tratamientos físicos alternativos, combinados o no con sustancias naturales (fitoalexinas, terpenos, aceites esenciales, quitosano, extractos vegetales -como el Aloe vera- aromáticos o medicinales). La tendencia es lograr una forma confiable y rentable de integrar tecnologías alternativas (antagonistas, compuestos naturales y tratamientos físicos) que controle la comunidad microbiana objetivo bajo el concepto de tecnología de barreras (Tiwari, 2014; Wisniewski *et al.*, 2016) bien adaptada

a cada producto. Su aplicación estimula la síntesis de biocompuestos que, además de tener interés nutricional, favorecen la autodefensa de los productos para inhibir los patógenos (algunos resistentes a los agroquímicos habituales), mejoran la eficacia de los tratamientos y/o reducen la deshidratación y los daños por el frío no congelante, de interés también para las técnicas cuarentenarias. Algunos **métodos eco-innovadores** eficaces son los pretratamientos térmicos (curado o acondicionado en aire o agua), los calentamientos intermitentes, las elevadas concentraciones de O₂, de CO₂ y de fungicidas naturales en continuo y/o en choques periódicos, la hipoxia severa, el O₃, la radiación UV (C y B), ultrasonidos, pulsos lumínicos intensos, etc. (Artés y Allende, 2014; Martínez-Hernández *et al.*, 2015), cuya aplicación encuentra a veces dificultades de viabilidad práctica o comercial, lo que requiere más investigación.

Higienización

El **cloro** y sus derivados viene siendo el principal desinfectante de frutas y hortalizas intactas y mínimamente procesadas por su eficacia y economía. Pero no siempre destruye la microflora y, además, genera algunos residuos químicos en el agua de proceso que recaen en el medio ambiente, o perjudican la salud por su toxicidad, carcinogenicidad y mutagenicidad, como los trihalometanos y cloraminas, por lo que está sufriendo regulaciones que limitan su empleo, hasta su prohibición (en Alemania, Países Bajos, Bélgica, Dinamarca y Suiza), aunque el riesgo de dicha formación no sea elevado. En cualquier caso, el cloro presenta otros inconvenientes, ya que algunos microorganismos son resistentes, puede impartir olor y sabor extraño y es tóxico para los trabajadores. Por ello, se han desarrollado **desinfectantes alternativos** que, solos o combinados con otras técnicas, junto a su eficacia, mantienen la calidad del producto tratado como sucede con O₃, H₂O₂, ácido peroxiacético, dióxido de cloro, agua electrolizada, radiación UV, ácidos orgánicos, isotiocianatos, bacteriocinas o virus bacteriofagos, entre otros (Aguayo *et al.*, 2017; Artés *et al.*, 2009, 2011; Artés y Allende, 2014; Artés-Hernández *et al.*, 2017; Tiwary, 2014).

Por ejemplo, las radiaciones UV-C y la UV-B a diferentes dosis, solas o combinadas con otros pretratamientos químicos, se utilizan cada vez más para mantener la calidad y seguridad, prevenir la contaminación microbiana en los laboratorios e industrias alimentarias, así como para aumentar la actividad antioxidante en frutas y hortalizas enteras y mínimamente procesadas en las que inducen diversos metabolitos secundarios (Allende y Artés, 2003ab; Cantos *et al.*, 2003; López-Rubira *et al.*, 2005; Civelo *et al.*, 2006; Palou, 2006; Artés-Hernández *et al.*, 2009, 2010; Escalona *et al.*, 2010; Tomás-Callejas *et al.*, 2012; Martínez-Hernández *et al.*, 2013; Jemni *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2015; Formica-Oliveira *et al.*, 2017a; Liu *et al.*, 2018; Esua, 2019; Wang *et al.*, 2019; Collado *et al.*, 2020; Mishra, 2020; Artés-Hernández *et al.*, 2021). En los próximos años se continuará investigando sobre nuevos estreses lumínicos postcosecha en otras regiones, como las del visible, mediante luces LED ya que, siendo muy eficaces en diversas producciones hortofrutícolas, son aún muy escasos los estudios de su efecto tras la recolección (Castillejo *et al.*, 2021).

La **biopreservación**, alternativa a los agroquímicos, recurre a la microbiota natural y/o sus derivados antimicrobianos, por ejemplo las bacteriocinas (como la nisina y lisozima), pequeños péptidos antibacterianos naturales que producen microorganismos seguros para la salud sin

generar metabolitos tóxicos al degradarse, utilizados en productos mínimamente procesados (González *et al.*, 2005; Allende *et al.*, 2007; Artés y Allende, 2014; Artés-Hernández *et al.*, 2017).

Biología molecular y Biotecnología

Los progresos de la biotecnología durante los pasados 30 años en la selección vegetal asistida por marcadores moleculares, han dado excelentes resultados en la mejora convencional de cultivares resistentes a plagas y enfermedades. El esfuerzo ahora se dirige más a la calidad sensorial. La transferencia de material genético se realiza entre especies o variedades próximas mediante cruzamientos, metodología bien aceptada y de seguridad biológica contrastada. También destacan los logros biotecnológicos de detección de agentes que amenazan la inocuidad, junto a los tradicionales, con gran sensibilidad y versatilidad en sus posibilidades de aplicación, incluso en tiempo real, mejorando los sistemas de trazabilidad y seguridad alimentaria. En ellos se incluyen los biosensores, test ELISA y las técnicas de PCR, Inmunoblotting o Western Blot y Southern Blot (González *et al.*, 2005; Kader, 2013; Pech, 2020).

La ciencia de la postcosecha ha integrado métodos como la biología molecular, la biotecnología, herramientas “ómicas” (metabolómica, proteómica y transcriptómica) y la secuenciación genética para dilucidar los mecanismos de la maduración del fruto, cuando despliega su calidad sensorial y nutricional, y algunos logros biotecnológicos han sucedido por vez primera en la postcosecha. Por ejemplo, emplear la tecnología del ARN antisentido para inhibir la actividad poligalacturonasa en tomate (Smith *et al.*, 1988) evitando pérdida de firmeza y podridos, y su aplicación para comercializar entre 1994 y 1997 el primer producto fresco comestible genéticamente modificado (tomate Flavr Savr de Calgene Biotech Co. en Davis, EE.UU.), aunque sin éxito por defectos de cultivo y de calidad sensorial (Pech *et al.*, 2013). Seguidamente se utilizó para inhibir la acción de la ACC oxidasa (Hamilton *et al.*, 1990) y de la ACC sintasa (Oeller *et al.*, 1991) y, con ellas, la biosíntesis de etileno y los daños por frío en melón (Ben-Amor *et al.*, 1999) y la acción de genes de senescencia. También, hace posible extender la vida comercial de los frutos utilizando en su mejora mutantes con baja producción de etileno y de maduración lenta (Pech *et al.*, 2013) y mejor adaptados al cambio climático. Igualmente, se ha logrado inhibir el pardeamiento en patata o champiñón y el enriquecimiento en biocompuestos saludables de interés nutricional como los antioxidantes (antocianinas) o vitaminas (β -caroteno) en tomate. Hoy día se intenta mejorar la calidad por genética tradicional mediante la definición de marcadores moleculares y la edición genética con CRISPR-Cas9, que quizás podría evitar la regulación sobre OGM, respetando todas las precauciones. Por todo ello, la biotecnología es y será insustituible para investigar los mecanismos moleculares de la maduración y senescencia pre y postcosecha (Pech, 2020). Además, la **genética de precisión** está llamada a lograr soluciones sostenibles a la agricultura de los países desarrollados y en desarrollo para afrontar el desafío de la seguridad alimentaria (Bru, 2020).

Procesado mínimo

En el proceso innovador en la postcosecha hortofrutícola española, destaca el subsector de preparación de productos frescos mínimamente procesados, o de la “Cuarta Gama” de la alimentación, que surgió a finales de la década de 1980 con retraso sobre los países más avanzados de la UE. Se elaboran con estricta separación física de áreas sucias y limpias, bajo refrigeración y se acondicionan por métodos simples (lavado, deshojado, cortado, partido,

troceado, rallado u otros). Satisfacen a precio moderado, la demanda y hábitos de compra del consumidor (que toma sus decisiones cada vez más y mejor informado), siendo la actividad alimentaria de mayor dinamismo comercial actual y previsiblemente futuro. Los riesgos de deterioro físico (deshidratación, cortes, desgarros, magulladuras, etc.), microbiológico (hongos, levaduras y bacterias) y bioquímico (pardeamiento enzimático, oxidación de lípidos, alteración del sabor o aroma, etc.), exigen procesarlos debidamente, envasarlos en una película plástica idónea, en especial por su permeabilidad, y distribuirlos refrigerados bajo atmósfera modificada activa o pasiva. Con ello se producen pocos cambios de las propiedades nutritivas y sensoriales respecto al producto original, y se provee conveniencia y el consumo de toda la parte comestible. Al elaborarlos, se les suele eliminar su protección natural, lo que acelera daños fisiológicos, facilita la entrada de patógenos y contaminantes químicos y acorta su vida útil. Entre los más elaborados están las ensaladas de lechugas, escarola, espinaca, acelga, zanahoria rallada, así como brotes foliáceos y floretes, entre otros, mientras surgen con vigor la rúcula, el kale, los “babys” o los “microgreens” (Artés *et al.*, 1996, 1998; Artés y Martínez, 1997; Artés, 2000a, 2019ab; Artés y Allende, 2014).

Un nuevo impulso para elaborar productos mínimamente procesados requerirá optimizar los cultivares y genotipos a procesar y el propio procesado, mecanizar el cortado para bajar costes (sobre todo en fruta), minimizar daños en el cortado y la pérdida de jugos, reducir el pardeamiento y ablandamiento, desarrollar antimicrobianos sostenibles y procesados no térmicos para preservar el sabor, aroma y valor nutritivo e incrementar la funcionalidad nutritiva de los elaborados, todo ello para prolongar su actual corta vida comercial. Igualmente es imprescindible revalorizar los cuantiosos subproductos que genera (pulpa, piel, semilla y hueso) extrayendo valiosos biocompuestos, útiles a modo de ingredientes alimentarios, farmacéuticos o cosméticos, como fibra dietética, antioxidantes, polifenoles, carotenoides, minerales, aminoácidos, proteínas, etc. (Kader, 2013; Tarazona-Díaz y Aguayo, 2013; Formica-Oliveira *et al.*, 2017b; Artés 2019a; Martínez-Hernández *et al.*, 2019; Chiralt, 2021).

Investigación y transferencia

Finalmente conviene reiterar que, para mantener a España en la vanguardia tecnológica de la comercialización y exportación hortofrutícola mundial, mejorar la calidad global, reducir costes ambientales, productivos y financieros, así como aumentar los beneficios de productores y comercializadores, es indispensable intensificar los estudios y la transferencia a la industria de los desarrollos tecnológicos logrados y en curso (Artés, 2000b). Para ello serán necesarios mayores y mejores medios, y trabajar en cooperación todos los agentes comprometidos.

2. Situación y algunas perspectivas del subsector de la poscosecha hortofrutícola tras la pandemia causada por el SARS-CoV-2

Es sabido que una alimentación variada, equilibrada y saludable, rica en alimentos vegetales frescos, junto a un estilo de vida sano (ejercicio físico moderado, descanso, eludir el estrés, etc.), beneficia la salud, refuerza el sistema inmune del organismo humano protegiéndole de bacterias, virus y otros patógenos y favorece una recuperación más rápida. Ello permite afrontar mejor ciertos riesgos, como ha sucedido con esta devastadora pandemia, de donde deriva gran parte de la fortaleza actual y futura de la Industria Hortofrutícola.

1. Panorama general

Desde casi el inicio de la Covid-19 tranquilizó mucho conocer que no se ha probado que los alimentos o las aguas potables de consumo, sean vías de transmisión. La Industria Alimentaria española, en particular la Hortofrutícola, ha mostrado una excelente capacidad de respuesta a la pandemia, manteniendo plenamente operativo un sistema esencial de abastecimiento tecnificado, dinámico y bien engranado para asegurar el suministro diario a toda la población. Algunos retos que ha superado en esta crisis se comentan seguidamente. Hubo restricciones a los desplazamientos de personas (en especial para trabajos estacionales), a las ubicaciones de operarios para mantener la distancia social segura (lo que reduce la productividad) o para proporcionarles los equipos de protección (mascarilla y guantes) en el cultivo, recolección, manipulado, acondicionado, envasado y la logística hasta la distribución al por menor, afrontando riesgos de contagios, extensivos a sus familias y allegados, así como la dificultad inicial de hacerles tests de contagio. Respecto a la logística, se restringió el suministro de mercancías y materiales por las medidas de distancia social, algunos cierres fronterizos, al disminuir los fletes de retorno y la disponibilidad de contenedores marítimos y de transporte aéreo, o por la lenta tramitación de importaciones y exportaciones de productos frescos, incluida la carga y descarga, así como al reducir el personal en algunos puertos y centros de control aduanero. El sector mayorista orientado al canal HORECA ha sido el más afectado de la cadena de suministro por los cierres de fronteras, de establecimientos y por las limitaciones a la libre circulación en la UE con las medidas de cuarentena y contención, mientras el sector minorista ha tenido que invertir en adaptar sus puntos de venta a las exigencias de seguridad para sus empleados y los consumidores (Artés, 2020).

La gran crisis socioeconómica con el desplome del volumen de negocio y del empleo ligada a la Covid-19 ha mostrado la vulnerabilidad de la economía, así como la fortaleza y necesidad del comercio internacional y de las interacciones entre agricultura globalizada y producción local, obligando a afrontar la debida sostenibilidad de los sistemas alimentarios de forma coordinada, cooperativa y con apoyo institucional a escala europea. Convendrá ahora, al tener que convivir un tiempo con esta pandemia, intensificar estrategias que amplíen la internacionalización de las empresas (en mercados y aprovisionamientos) integrándose en las cadenas globales de valor del sistema productivo, mejorando sus potencialidades y ventajas competitivas, lo que les permitirá consolidarse en el largo plazo, para lo que será preciso identificar buenos liderazgos. Se redacta este trabajo al comenzar el 2021, declarado por la ONU Año Internacional de las Frutas y Hortalizas, recién aprobado el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia derivado del Instrumento Europeo de Recuperación, logrado un difícil acuerdo entre la UE y el Reino Unido tras el Brexit, en pleno cambio de Gobierno en EE.UU., durante el debate de reforma de la Ley de la Cadena Alimentaria para generar valor en todos sus eslabones con retribuciones equilibradas y evitar prácticas comerciales desleales, y al comenzar las vacunaciones como anhelo del fin de la pandemia. Ésta proyecta su grave impacto negativo en toda Europa, de muy incierta cuantificación, aun habiendo esos claros signos de esperanza. Es prematuro aventurar sus repercusiones económicas, laborales, en el bienestar social y en el comportamiento futuro a escala internacional de nuestra Industria Hortofrutícola, pero es seguro que ha aumentado la buena percepción y confianza de los consumidores europeos en ella y así continuará, con mejores perspectivas que hace solo unas semanas.

Con certeza, en los centros de producción y comercialización arraigarán los protocolos para garantizar la seguridad personal de los trabajadores (incluidos los del transporte, distribución y

venta, y la gestión aduanera) y de los consumidores, así como limitar las visitas a los centros de trabajo. Es muy probable que se consoliden las tendencias de que el consumidor exija alimentos más seguros y saludables, como las frutas y hortalizas, protegidas por envases más compostables y biodegradables, la compra de proximidad, de producciones locales y, sobre todo, la expansión del comercio electrónico, incluso de productos refrigerados. En las empresas se intensificarán acciones de transformación y adaptación al entorno digital, extendiendo la información global en línea, el trabajo no presencial con herramientas idóneas, así como medidas que favorezcan la conciliación laboral.

En el marco de la economía circular “la industria ofrecerá productos de alta calidad, funcionales y seguros, eficaces y asequibles que durarán más y estarán diseñados para ser reutilizados, reparados y sometidos a un reciclado de alta calidad” (Comisión Europea, 2020b). La Industria Hortofrutícola no será una excepción y deberá acometer cuantos cambios sean precisos para atender estas directrices y contribuir a la respuesta a la emergencia climática y a la estrategia industrial de la UE, en particular de biodiversidad y “de la granja a la mesa” (Comisión Europea, 2020a).

Se profundizará más en lograr evidencias científicas de las relaciones entre nutrición, actividad física y vida sana con las enfermedades crónicas. De acuerdo con Feuillet (2013), la innovación alimentaria se centra prioritariamente en garantizar la calidad sanitaria, mejorar el valor saludable y minimizar el costo e impacto ambiental, respondiendo a las expectativas de los consumidores. El primero puede beneficiarse de los nuevos métodos de análisis, de la microbiología y de las TICs (con mejor trazabilidad y gestión de la oferta); el segundo, del estudio de los genomas y proteomas (entender el papel de la microbiota intestinal y las relaciones alimento-genoma para llegar a dietas personalizadas y prevenir la obesidad y enfermedades crónico-degenerativas) y el tercero, de la ingeniería de procesos, digitalización y biotecnología. Por otra parte, el mejor conocimiento de los sistemas comunitarios microbianos, de la interacción antagonista-huésped y su función en los métodos de biocontrol, llevará a desarrollar asociaciones naturales o sintéticas útiles para prevenir o mitigar alteraciones postcosecha. La mejora genética modulará la composición del microbioma y su función, reclutando antagonistas de enfermedades y reguladores del crecimiento que mejoren la inocuidad, salubridad y calidad de los productos (Droby y Wisniewski, 2018). Es previsible que estas orientaciones, así como la de contribuir a mejorar los comportamientos alimentarios de la población, con especial atención a la de los jóvenes y a la restauración colectiva, sigan siendo de preferencia investigadora y práctica en un futuro próximo.

Al comprender mejor la biología vegetal en la postcosecha y con enfoques interdisciplinarios, es seguro que sucederán rápidos avances significativos en la producción, cosecha, manipulación y distribución para mantener la calidad, salubridad y seguridad de las frutas y hortalizas en la cadena de suministro (Artés, 2018; Kader, 2013). Sin duda se intensificarán la investigación sobre la identificación precoz de contaminantes y de riesgos de infecciones microbianas, métodos rápidos y prácticos (en línea) para detectar patógenos y evitar riesgos de toxi-infecciones, complementados con planes de actuación en emergencias, así como de alimentos funcionales con mejores propiedades sensoriales, nutritivas y de prevención de la salud (Artés y Artés-Hernández, 2016).

1. Panorama general

La decisión adoptada en el Pacto Verde Europeo de aumentar la producción ecológica amplía considerablemente los retos a los técnicos postrecolección. Se deberá lograr una salubridad y vida comercial idóneas de estas producciones, sensibles a bacterias patógenas y a hongos productores de micotoxinas, con los muy escasos coadyuvantes tecnológicos autorizados.

La modelización (microbiología predictiva o del ciclo de vida), la digitalización, automatización, robotización, las TICs, el Internet de las cosas (IoT) y las redes de comunicación social son y serán en el futuro valiosas herramientas para optimizar la manipulación, elaboración y comercialización de los productos enteros y mínimamente procesados y aumentar la competitividad empresarial. Para estos productos, deberán definirse con precisión el potencial y límites de las técnicas ecoinnovadoras e incluirlos en las normas sobre tratamientos autorizados. Por otra parte, las técnicas avanzadas de comunicaciones, combinadas con el comercio electrónico contribuirán a una revitalización y desarrollo rural y a luchar contra el despoblamiento.

Para atender debidamente las necesidades del sector hortofrutícola en la trazabilidad “inteligente” con rastreabilidad real de datos de toda la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumo, se habrá de superar el reto organizativo y tecnológico de perfeccionar su adaptabilidad, eficiencia, fiabilidad y transparencia, sobre lo que las nuevas propuestas recurren al IoT y a la tecnología de cadena de bloques (“blockchain”) o registro de datos (Mainetti *et al.*, 2013; Scholten *et al.*, 2016; Badía-Melis *et al.*, 2015, 2018; FDA, 2017; Tsang *et al.*, 2019; Torres-Sánchez *et al.*, 2020).

Como consecuencia de la pandemia, se deberán actualizar la ingeniería y los diseños industriales de las Centrales Hortofrutícolas y de las Plantas de Procesado Mínimo, por ejemplo, para reorganizar los puestos de trabajo y desplazamientos con barreras y señalética idónea para mantener la distancia social, asegurar la buena ventilación (natural o forzada) y el filtrado y desinfección del aire ambiente, la desinfección de superficies (las en contacto con productos vegetales serán accesibles o desmontables para facilitarla), materiales, herramientas y equipos, que ya lideran los aplicadores de O₃ y de radiación UV. También se procurará más atención a disponer de planes de mantenimiento seguros, medios de protección y control de personal y de accesos adecuados. Sin duda, se ampliará el estudio de protocolos y estrategias de control de virus respiratorios en la industria alimentaria y su aplicación (AINIA, 2020ab).

En el inmediato futuro se contará más con la nueva actividad de la agricultura vertical, interior o urbana, en sistemas hidropónicos y con luces LED, hasta en ambientes de excesivo frío o calor y próxima a las áreas de consumo. El alto coste de inversión y de energía se podrá compensar por la elevada productividad y al disponer de fuentes de luz muy eficientes basadas en energías renovables (Martínez, 2020). Esta nueva agronomía requerirá una Tecnología Postrecolección específica sobre la base de su percibibilidad y menor transporte y necesidad de conservación.

La formación del capital humano en competencias y habilidades en los niveles técnicos y comerciales, acorde con las necesidades sociales, la investigación I+D+i y transferencia de tecnología práctica, contando con el conocimiento empírico de los agentes integrantes de la cadena alimentaria, promueve la competitividad, la calidad de vida y el liderazgo empresarial. Por ello, son indispensables en la Industria Hortofrutícola y la Tecnología Postrecolección,

actividades que cumplen funciones estratégicas esenciales, dignas de mayor atención y consideración social.

Como reflexión final, con toda probabilidad se intensificarán en España las decisiones de toma de posiciones del subsector exportador postcosecha en el productor, y se reforzarán las integraciones sucedidas en los últimos años con la participación de grupos inversores internacionales. Ello contribuirá a la necesaria colaboración global de todos los agentes en el desarrollo y resiliencia de la cadena de suministro hortofrutícola en fresco, favoreciendo también nuestra mayor soberanía alimentaria al garantizar una subsistencia esencial.

Bibliografía

- Asociación de Investigación de la Industria Agroalimentaria (AINIA). (2020a). Manual Covid-19 para la industria alimentaria. Refuerzo de las medidas de higiene en el proceso productivo. 22 págs.
- Asociación de Investigación de la Industria Agroalimentaria (AINIA). (2020b). Desarrollo de estrategias avanzadas para el diagnóstico, control y prevención de virus causantes del síndrome respiratorio agudo en la industria alimentaria. IVACE–FEDER COVIR. <https://www.ainia.es/proyectos-publicos/ivace-fecer-covir-virus-sindrome-respiratorio-agudo/> Acceso enero 2021
- Allende A.; Artés F. (2003a). UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo rosso' lettuce. *Food Res. Inter.* 36(7):739–746.
- Allende A.; Artés F. (2003b). Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *Lebensm.-Wissens. und-Technol.* 36: 779–786.
- Allende, A.; Martínez, B.; Selma, M.V.; Gil, M.I.; Suárez, J.E.; Rodríguez, A. (2007). Growth and bacteriocin production by lactic acid bacteria in vegetable broth and their effectiveness at reducing *Listeria monocytogenes* in vitro and in fresh-cut lettuce. *Food Microbiol.* 24: 759-766.
- Aguayo, E.; Gómez, P.; Artés-Hernández, F.; Artés, F. (2017). Tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV Gama: ozono, agua electrolizada y ácido peracético. *Agrociencia* 21 (1): 7-14.
- Álvarez-Hernández, M.H.; Artés-Hernández, F.; Ávalos-Belmontes, F.; Castillo-Campohermoso, M.A.; Contreras-Esquivel, J.C.; Ventura-Sobrevilla, J.M.; Martínez-Hernández, G.B. (2018). Current scenario of adsorbent materials used in ethylene scavenging systems to extend fruit and vegetable postharvest life. *Food Bioprocess Technol.* 11: 511–525. Doi: 10.1007/s11947-018-2076-7
- Álvarez-Hernández, M.H.; Martínez-Hernández, G.B.; Ávalos-Belmontes, F.; Castillo-Campohermoso, M.A.; Contreras-Esquivel, J.C.; Artés-Hernández, F. (2019). Potassium permanganate-based ethylene scavengers as an active packaging system for fresh

1. Panorama general

- horticultural produce. *Food Eng. Rev.* 11(3): 159–183. Doi: 10.1007/s12393-019-09193-0
- Asociación Interprofesional del Limón y Pomelo (ALLIMPO). (2020). Manual de materias activas y recomendaciones en tratamientos para limón (pre y postcosecha). Versión nº 14. Rev 01 (30/11/2020).
- Artés, F. (2000a). Productos vegetales procesados en fresco. En: *Aplicación del frío a los alimentos*. Ed.: M. Lamúa. Edit. A. Madrid Ediciones. Cap. 5. 127-141. ISBN: 84 7114-832-3
- Artés, F. (2000b). Innovar la postrecolección hortofrutícola. *Europa Agraria* 84: 15-16.
- Artés, F. (2004). Refrigeration for preserving the quality and enhancing the safety of plant foods. *Bull. Inter. Inst. Refrigeration*. LXXXIV, 1: 5-25.
- Artés, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Rev. Iberoamericana Tecnología Postcosecha*, 7: 61–85.
- Artés, F. (2018). Ethical and technological issues for improving supply chain and consumer benefits. *Acta Hort.* 1194:1-3. Doi:10.17660/ActaHortic.2018. 1194-1
- Artés, F. (2019a). Proceso general de elaboración de los productos MPF (“Cuarta Gama” de la alimentación). Curso Internacional de Tecnología Postcosecha y Procesado Mínimo Hortofrutícola. GPR-UPCT. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena. España. Cdrom.
- Artés, F. (2019b). Procesado mínimo en fresco de hortalizas. En: *Tecnología Poscosecha. Cítricos y cultivos emergentes en la Comunidad Valenciana*. Edits.: C. Conesa, S. López, P. Papasseit, A. Namesny. Cap. 3, 363-396. Edit. SPE3 S.L. Valencia. España.
- Artés, F. (2019c). Avances en tecnologías postcosecha para mejorar la seguridad alimentaria y la calidad hortofrutícola. *Lectio Magistralis conferimento Laurea Honoris causa*. Università di Foggia. Italia.
- Artés, F. (2020). Desempeño de la agroalimentación y de la tecnología postrecolección en la pandemia de la Covid-19. <https://www.poscosecha.com/es /noticias/80901/id:80901/ y CTC Rev. Agroalimentación e Industrias Afines 72: 20-21>.
- Artés, F.; Allende, A. (2014). Minimal processing of fresh fruit, vegetables, and juices. In: *Emerging technologies in food processing*. Ed.: D.W. Sun. Edit: Elsevier (Academic Press). 2nd edition. Chap. 31. 583-597.
- Artés, F.; Artés-Hernández, F. (2000a). Innovaciones industriales en el procesado mínimo de frutas y hortalizas. *CTC Rev. Agroalimentación e Industrias Afines*. 7: 29-33.
- Artés, F.; Artés-Hernández, F. (2000b). Fundamentos y diseño de instalaciones para procesado en fresco de hortalizas. *Alimentación Equipos Tecnología*. 3: 135-141.
- Artés, F.; Artés-Hernández, F. (2010). Tecnología de productos mínimamente procesados en fresco. En: *Manejo postcosecha de productos hortofrutícolas*. Ed: C. Saucedo-Veloz y

1.16. *El desarrollo de la poscosecha en fresco y mínimamente procesada. Una panorámica*

- A.E. Becerril-Román. Edit. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. Cap. 9. 243 pp.
- Artés, F.; Artés-Hernández, F. (2016). Tendencias y retos de la postrecolección hortofrutícola. VI Cong. Inter. Ingeniería Química, Biotecnológica Alimentaria. La Habana, Cuba. Cdrom
- Artés, F.; Artés-Hernández, F. (2017). Procesado mínimo hortofrutícola. Operaciones, líneas y equipos. IX Cong. Iberoamer. Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Santiago de Chile. Cdrom
- Artés, F.; Martínez, J.A. (1997). Gas transmission characteristics of different films used for packaging intact and minimally processed fruits and vegetables. Intern. Cong. Plastic Agriculture. Ed. CIPA. Tel Aviv, Israel. 481-487.
- Artés, F.; Castañer, M.; Gil, M.I. (1998). Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. El pardeamiento enzimático de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Food Sci. Technol. Int. 4 (6): 377-389.
- Artés, F.; Gómez, P.; Aguayo, E.; Artés-Hernández, F. (2012). Modified atmosphere packaging. En: Handbook of food safety engineering; Ed.: Sun, D.W., Blackwell Publishing Ltd. Oxford, UK, 513–533.
- Artés, F.; Gómez, P.; Aguayo, E.; Escalona, V.H.; Artés-Hernández, F. (2009). Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. Postharvest Biol. Technol. 51: 287–296.
- Artés, F.; Gómez, P.; Tomás-Callejas, A.; Artés-Hernández, F. (2011). Sanitation of fresh-cut fruit and vegetables: new trends, methods and impacts. En: Potable water and sanitation. J.M. McMann (Ed.). Edit. NovaScience Publishers. New York, USA. 1-36.
- Artés, F.; Gil, M.I.; Castañer, M.; Ferreres, F.; Tomás-Barberán, F.A. (1996). Organics acids as inhibitors of browning in minimally processed lettuce. EFFOST- GDL. Minimal Processing of Foods. Cologne. Germany.
- Artés-Hernández, F.; Escalona, V.H.; Robles, P.A.; Martínez-Hernández, G.B.; Artés, F. (2009). Quality of fresh-cut spinach leaves as affected by UV-C radiation and storage temperature. J. Sci. Food Agric. 89: 414–421.
- Artés-Hernández, F.; Gómez, P.; Artés, F. (2010). Fisiologia postraccolta e tecnologia degli ortaggi di IV gamma. En: Valutazione della qualità di ortaggi di IV gamma. Analisi non distruttive durante la shelf life. Cattaneo T.M.P. y Ferrante A. (Edits). Aracne Edit. S.r.l. Cap. I: 19-46.
- Artés-Hernández, F.; Martínez-Hernández, G.B.; Aguayo, E.; Gómez, P.; Artés, F. (2017). Fresh-cut fruit and vegetables: emerging eco-friendly techniques for preserving quality and safety. En: Postharvest Handling, Edit.: InTechOpen. Open access. Doi:10.5772/intechopen.69476
- Artés-Hernández, F.; Robles, P.A.; Gómez, P.A.; Tomás-Callejas, A.; Artés, F. (2010). Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. Postharvest Biol. Technol. 55: 114–120.

1. Panorama general

- Artés-Hernández F.; Robles P.A.; Gómez P.A.; Tomás-Callejas A.; Artés, F.; Martínez-Hernández, G.B. (2021). Quality changes of fresh-cut watermelon during shelf-life as affected by cut intensity and UV-C pre-treatment. *Food Bioprocess Technol.* En prensa Doi: 10.1007/s11947-021-02587-1
- Badía-Melis, R.; Mishra, P.; Ruíz-García, L. (2015). Food traceability: New trends and recent advances. A review. *Food Control*, 57: 393-401.
- Badía-Melis, R.; Carthy, U.M.; Ruíz-García, L.; García-Hierro, J.; Villalba, J.I.R. (2018). New trends in cold chain monitoring applications. A review. *Food Control*, 86: 170–182.
- Ben-Amor, M.; Flores, B.; Latché, A.; Bouzayen, M.; Pech, J.C.; Fomajaro, F. (1999). Inhibition of ethylene biosynthesis by antisense ACC oxidase RNA prevents chilling injury in Charentais cantaloupe melons. *Plant Cell Environm.* 22:1579-1586. Doi: 10.1046/j.1365-3040.1999.00509.x
- Binard, P.; Hajdu, N.; Santos-Garcia, N. (2020). Covid-19 impact assessment. Implications of the Covid-19 pandemic for the European fresh fruit & vegetable sector. European Fresh Produce Association. Freshfel Europe Secretariat. May. 88 p.
- Blanco, V.; Blaya-Ros, P.J.; Martínez-Hernández, G.B.; Torres, R.; Artés-Hernández, F.; Domingo, R. (2019). Water relations and quality changes throughout fruit development and shelf life of sweet cherry grown under regulated deficit irrigation. *Agric. Water Manag.* 217(20): 243-254. Doi: 10.1016/j.agwat. 2019.02.028
- Bru, M. (2020). Organismes génétiquement modifiés: dans la tourmente des contradictions de la sécurité alimentaire. <https://www.revueconflits.com/organismes-genetiquement-modifies-dans-la-tourmente-des-contradictions-de-la-securite-alimentaire> Acceso enero 2021.
- Cantos, E.; Espín, J.C.; Fernández, M.J.; Oliva, J.; Tomás-Barberán, F.A. (2003). Postharvest UV-C irradiated grapes as a potential source for producing stilbene-enriched red wines. *J. Agric. Food Chem.* 51(5): 1208–1214.
- Castillejo, N.; Martínez-Zamora, L.; Gómez, P.A.; Pennisi, G.; Crepaldi, A.; Fernández, J.A.; Orsini, F.; Artés-Hernández, F. (2021). Postharvest LED Lighting: effect of red, blue, and far red on quality of minimally processed broccoli sprouts. *J. Sci. Food Agric.* 101: 44–53. Doi: 10.1002/jsfa.10820
- Chiralt, A. (2021). ¿Cómo combatimos el desperdicio alimentario? En: Soluciones que nos acercan al futuro de la alimentación. *Fooduristic* 21. KMzero. Pág. 70
- Civello, P.M.; Vicente, A.R.; Martínez, G.A. (2006). UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. En: R. Troncoso-Rojas, M.E. Tiznado-Hernández, A. González-León (Eds.). Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits and vegetables. Transworld research network. India. 71-102
- Collado, E.; Venzke-Klug, T.; Martínez-Hernández, G.B.; Artés-Hernández, F.; Martínez-Sánchez, A.; Aguayo, E.; Artés, F.; Fernández, J.A.; Gómez, P.A. (2020). UV-C pretreatment of

- fresh-cut faba beans (*Vicia faba*) for shelf life extension: Effects of domestic microwaving for consumption. *Food Sci. Technol. Inter.* 26(2):140-150. Doi: 10.1177/1082013219873227.
- Comisión Europea. (2002). Reglamento 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. 1.2.2002. L 31: 1-24.
- Comisión Europea. (2020a). De la granja a la mesa. Hacia un sistema alimentario de la UE más saludable y sostenible, piedra angular del Pacto Verde Europeo. <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/farm-fork-> Acceso enero 2021.
- Comisión Europea. (2020b). Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva. [https://eur-lex- 52020DC0098-EN-EUR-Lex](https://eur-lex.europa.eu/lexuris/ui/doi/52020DC0098-EN-2020-01-01) (europa.eu) Acceso enero 2021
- Conesa, E. (2019). Línea de manipulación. Lavado, tratamiento, selección, calibrado y envasado. En: *Tecnología Poscosecha. Cítricos y cultivos emergentes en la Comunidad Valenciana*. Edits.: C. Conesa, S. López, P. Papasseit, A. Namesny. Cap. 1.6, 99-114. Edit. SPE3 S.L. Valencia. España.
- Droby, S.; Wisniewski, M. (2018). The fruit microbiome: A new frontier for postharvest biocontrol and postharvest biology. *Postharvest Biol. Technol.* 140: 107–112. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2018.03.004
- Escalona, V.H.; Aguayo, E.; Martínez-Hernández, G.B.; Artés, F. (2010). UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. *Postharvest Biol. Technol.* 56(3): 223–231. Doi: 10.1016/j.postharvbio. 2010.01.008
- Esua, O.J.; Chin, N.L.; Yusof, Y.A.; Sukor, R. (2019). Effects of simultaneous UV-C radiation and ultrasonic energy postharvest treatment on bioactive compounds and antioxidant activity of tomatoes during storage. *Food Chem.* 270: 113-122.
- Falagán, N.; Artés, F.; Aguayo, E. (2016). Peaches and nectarines: properties, deficit irrigation strategies and postharvest management. En: *Apricots and peaches: Nutritional properties, post-harvest management and potential health benefits*. Nova Science Publishers Inc., New York, USA. 25-73.
- Feuillet, P. (2013). Impact de l'évolution des connaissances et des techniques sur les pratiques des industries alimentaires et les caractéristiques des aliments. En: *Potentiels de la science pour une agriculture durable*. Académie d'Agriculture de France. <https://www.academie-agriculture.fr/academie/groupe-de-travail/> Acceso enero 2021
- United States Food and Drug Administration. (2017). FDA food safety modernization Act. <https://www.fda.gov/food/guidance-regulation-food-and-dietary-supplements/FSMA/>. Acceso enero 2021.

1. Panorama general

- Formica-Oliveira, A.C.; Martínez-Hernández, G.B.; Díaz-López, V.; Artés, F.; Artés-Hernández, F. (2017a). UV-B and UV-C combination to enhance phenolic compounds biosynthesis in fresh-cut carrots. *Postharvest Biol. Technol.* 127: 99-104. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2016.12.010
- Formica-Oliveira, A.C.; Martínez-Hernández, G.B.; Díaz-López, V.; Artés, F.; Artés-Hernández, F. (2017b). Use of postharvest UV-B and UV-C radiation treatments to revalorize broccoli byproducts and edible florets. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 43: 77-83. Doi: 10.1016/j.ifset.2017.07.036
- González-Buesa, J.; Oria, R.; Salvador, M.L. (2009). A mathematical model for packaging with microperforated films of fresh-cut fruits and vegetables. *J. Food Engineer.* 95: 158-165.
- González, V.; Ruiz, O.; García, E.; Vega, M. (2005). Aplicaciones de la biotecnología en seguridad alimentaria. Ed. AESA-Genoma España. 94 págs.
- Hamilton, A.G.; Lycett, G.W.; Grierson, D. (1990). Antisense gene that inhibits synthesis of the hormone ethylene in transgenic plants. *Nature* 346: 284–286.
- Jaramillo, J.; Rodríguez, V.P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. (2007). Manual técnico: Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Edit. FAO. <http://www.fao.org/3/a1374s/a1374s07.pdf> Acceso enero 2021
- Jemni, M.; Gómez, P.A.; Souza, M.; Chaira, N.; Ferchichi, A.; Otón, M. Artés, F. (2014). Combined effect of UV-C, ozone and electrolyzed water for keeping overall quality of date palm. *LWT-Food Sci. Technol.* 59: 649-655. Doi: 10.1016/j.lwt.2014.07.
- Kader, A.A. (2013). Recent advances and future research needs in postharvest technology of fruits. En: *Curso Internacional de Tecnología Postrecolección y Procesado Mínimo Hortofrutícola*. GPR-UPCT. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena. España. Cdrom.
- Liu, C.; Zheng, H.; Sheng, K.; Liu, W., Zheng, L. (2018). Effects of postharvest UV-C irradiation on phenolic acids, flavonoids, and key phenylpropanoid pathway genes in tomato fruit. *Scientia Horti.*, 241: 107-114. Doi: 10.1016/j.scienta.2018.06.075
- López-Rubira, V.; Conesa, A.; Allende, A.; Artés, F. (2005). Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. *Postharvest Biol. Technol.* 37, 174-185. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2005.04.003
- Mainetti, L.; Patrono, L.; Stefanizzi, M.L.; Vergallo, R. (2013). An innovative and low-cost gapless traceability system of fresh vegetable products using RF technologies and EPC global standard. *Comp. Electronics Agric.* 98:146-157.
- Martínez, V. (2020). La agricultura 4.0 ya está aquí. Plaza Agroalimentario. <http://www.murciaplaza.com/agricultura> Acceso diciembre 2020
- Martínez-Hernández, G.B.; Artés-Hernández, F.; Gómez, P.; Formica, A.C.; Artés, F. (2013). Combination of electrolysed water, UV-C and superatmospheric O₂ packaging for

- improving fresh-cut broccoli quality. *Postharvest Biol. Technol.* 76: 125–134. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2012.09.013
- Martínez-Hernández, G.B.; Artés-Hernández, F.; Gómez, P.; Artés, F. (2015). Innovaciones recientes en los tratamientos postcosecha de cítricos. *Agricultura*, 798-801.
- Martínez-Hernández, G.B.; Castillejo, N.; Artés-Hernández, F. (2019). Effect of fresh-cut apples fortification with lycopene microspheres, revalorized from tomato by-products, during shelf life. *Postharvest Biol. Technol.* 156: 110925. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2019.05.026
- Mishra, A.K.; Choi, S.J.; Baek, K.H. (2020). Application of ultraviolet c irradiation for the increased production of secondary metabolites in plants. *J. Animal Plant Sci.*, 30(5): 1082-1091
- Oeller, P.W.; Wong, L.M.; Taylor, L.P.; Pike, D.A.; Theologis, A. (1991). Reversible inhibition of tomato fruit senescence by antisense RNA. *Science*, 254:437-439. Doi: 10.1126/science.1925603
- Opara, U.L.; Mditshwa, A. (2013). A review on the role of packaging in securing food system: Adding value to food products and reducing losses and waste. *Afr. J. Agric. Res.*, 8(22): 2621-2630.
- Palou, L. (2006). Sistemas alternativos a los fungicidas sintéticos para el control de enfermedades postcosecha de cítricos. III Jorn. Cítricos de Palmanaranja Asociación Citrícola. Edit. Deauno Documenta. 47-54.
- Pech, J.C. (2020). Avances en biotecnología y genómica post-recolección. 14^º Curso Internacional de Tecnología Postcosecha y Procesado Mínimo Hortofrutícola. GPR-UPCT. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena. España. Cdrom. 58 págs.
- Pech, J.C.; Purgatto, E.; Girardi, C.L.; Rombaldi, C.V.; Latché, A. (2013). Current challenges in postharvest biology of fruit ripening. *Current Agric. Sci. Technol.*, 19: 1-18
- Peña-Estevez, M.E.; Artés-Hernández, F.; Aguayo, E.; Artés, F.; Gómez, P.A. (2018). Postharvest quality of whole and fresh-cut pomegranates cultivated under deficit irrigation. *Acta Hortic.*, 1209: 265-270. Doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1209.52
- Pérez-Pastor, A.; Ruiz-Sánchez, M.C.; Martínez, J.A., Nortes, P.A.; Artés, F.; Domingo, R. (2007). Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. *J. Sci. Food Agric.*, 87: 2409–2415.
- Pernollet, J.C. (2015). Les défis posés à la science par les besoins alimentaires et en biomasse croissants. En: Potentiels de la science pour une agriculture durable. Académie d'Agriculture de France. <https://www.academie-agriculture.fr/academie/groupes-de-travail/> Acceso enero 2021
- Piñeiro, M.; Díaz, L.B. (2004). Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 20 págs.

1. Panorama general

- Ruíz, V.; Interdonato, R.; Cerioni, L.; Albornoz, P.; Ramallo, J.; Prado, F.; Hilal, M.; Rapisarda, V. (2015). Radiación UV-B como inductor de las defensas naturales en limón postcosecha contra la podredumbre verde. Actas VIII Jornadas Argentinas Biología Tecnología Postcosecha. Buenos Aires, Argentina.
- Ruíz-Altisent, M.; Ruíz-García, L.; Moreda, G.P.; Lu, R.; Hernández, N.; Correa, E.C.; Diezma, B.; Nicolai, B.; García-Ramos, J. (2010). Sensors for product characterization and quality of specialty crops. A review. *Comp. Electronics Agric.*, 74: 176-194.
- Scholten, H.; Verdouw, C.N.; Beulens, A., van der Vorst, J.G.A.J. (2016). Defining and analyzing traceability systems in food supply chains. En: *Advances in food traceability techniques and technologies. Improving quality throughout the food chain*. Ed. M. Espiñeira and F.J. Santaclara. Edit: Elsevier. Chap. 2. 9-33. Doi: 10.1016/B978-0-08-100310-7.00002-8
- Smith, C.J.S.; Watson, C.F.; Ray, J.; Bird, C.R.; Morris, P.C.; Schuch, W.; Grierson, D. (1988). Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. *Nature*, 334: 724-726.
- Tarazona-Díaz, M.P.; Aguayo, E. (2013). Assessment of by-products from fresh-cut products for reuse as bioactive compounds. *Food Sci. Technol. Inter.*, 19 (5): 439-446.
- Tiwari, B.J. (2014). New chemical and biochemical hurdles. En: *Emerging technologies in food processing*. Ed.: D.W. Sun. Edit: Elsevier (Academic Press). 2nd edit. Chap. 17. 313-325.
- Tomás-Callejas, A.; Otón, M.; Artés, F.; Artés-Hernández, F. (2012). Combined effect of UV-C pretreatment and high oxygen packaging for keeping quality of fresh-cut tatsoi baby leaves. *Innov. Food Sci. Emerging Technol.*, 14:115-121. Doi: 10.1016/j.ifset.2011.11.007
- Torres-Sánchez, R.; Martínez-Zafra, M.T.; Castillejo, N.; Guillamón-Frutos, A.; Artés-Hernández, F. (2020). Real-time monitoring system for shelf life estimation of fruit and vegetables. *Sensors*, 20 (1860), 21 págs. Doi: 10.3390/s20071860
- Tsang, Y.P.; Choy, K.L.; Wu, C.H.; Ho, G.T.S.; Lam, H.Y. (2019). Blockchain-driven IoT for food traceability with an integrated consensus mechanism. *IEEE Access* 7(1):129000-129017. Doi: 10.1109/access.2019. 2940227
- Wang, D.; Chen, L.; Ma, Y.; Zhang, M.; Zhao, Y.; Zhao, X. (2019). Effect of UV-C treatment on the quality of fresh-cut lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) root. *Food Chem.* 278: 659-664.
- Wisniewski, M.; Droby, S.; Norelli, J.; Liu, J.; Schena, L. (2016). Alternative management technologies for postharvest disease control: The journey from simplicity to complexity. *Postharvest Biol. Technol.* 122:3-10 Doi: 10.1016/j.postharvbio. 2016.05.012.

1.17. El papel de los profesionales en la horticultura

Antonio Jesús Zapata Sierra

ajzapata@ual.es

Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Andalucía

Índice

1. Introducción
2. Una breve historia de la agricultura
3. ¿Cuándo empezó la Horticultura?
4. El origen de las hortalizas cultivadas
5. Los hitos en progreso de la horticultura
 - 5.1. La revolución mecánica
 - 5.2. La revolución química
 - 5.3. La revolución biológica
 - 5.4. Las tecnologías de la información
6. ¿Cuál es el lugar de los técnicos en la horticultura actual y futura?
7. Las habilidades necesarias para un técnico en la horticultura actual
 - 7.1. Lectura de textos
 - 7.2. Manejo de la información contenida en los documentos
 - 7.3. Escritura de informes y documentos
 - 7.4. Economía de la producción
 - 7.5. Comunicación oral
 - 7.6. Habilidades intelectuales
 - 7.7. Trabajo en equipo
 - 7.8. Uso de ordenadores
 - 7.9. Aprendizaje a lo largo de la vida
8. La profesión de ingeniero Agrónomo, una profesión dedicada a la horticultura
9. La formación del Ingeniero Agrónomo
10. Conclusiones

Resumen

A lo largo de este trabajo se analizarán los pasos que se han ido dando en el desarrollo de la horticultura. Hemos ido viendo que el avance tecnológico en la horticultura lo realizan por personas, en su mayoría anónimas, como es el caso de la domesticación de las plantas y los primeros desarrollos técnicos. A partir de cierto momento conocemos el nombre de los

profesionales que han ido desgranando estas mejoras, en su mayoría científicos y técnicos que han llevado a esta actividad a un alto grado de complejidad.

Los profesionales de la horticultura deben perfeccionar habilidades que, si bien son genéricas o transversales, en el mundo de la horticultura se exigen en un grado máximo. La profesión de ingeniero Agrónomo es de las que reúnen los requisitos necesarios para el cumplimiento de todos estos objetivos y desde su creación ha tomado parte activa en el desarrollo de la ciencia hortícola, como avalan numerosos casos de éxito. Es tarea de todos los profesionales seguir siendo parte activa de este desarrollo.

1. Introducción

Pocos campos científicos han cautivado la imaginación como la horticultura, quizá por su carácter central en el desarrollo de la cultura humana (Janick, 2006). Los textos religiosos están llenos de metáforas hortícolas, como la colocación de Adán y Eva en el Jardín del Edén, la rama de olivo como símbolo de la paz y el cultivo de un viñedo por parte de Noé, etc. La educación de los niños pequeños se lleva a cabo en un jardín de infancia. "Cultivamos" las relaciones y hablamos de nuestro duro trabajo "dando frutos". Mudarnos a un lugar diferente nos marca como "trasplantados", pero quedarnos aquí significa que estamos "echando raíces". Muchos de nuestros mejores pensadores han comunicado conceptos complejos con estas metáforas hortícolas. Charles Darwin, al describir el proceso de evolución en la naturaleza, utilizó el árbol ramificado. En su visión, las ramas representan patrones filogenéticos de linaje, y las ramas y ramitas caídas representan la extinción. La horticultura y sus prácticas están entretejidas en nuestra conciencia y han pasado a formar parte de nuestro lenguaje y del pensamiento (Relf, 1992).

El desarrollo de las técnicas empíricas, los conceptos y más recientemente la investigación sistemática para mejorar las producciones hortícolas ha sido el cometido de un cierto número de personas, al principio anónimas y sin una formación específica y hoy día de los técnicos en horticultura. Técnico es la persona que posee los conocimientos especiales de una ciencia o arte (RAE, 2020). Atendiendo a la actividad en general, llamamos técnico a aquel que se dedica a resolver problemas del mundo real aplicando el conocimiento científico y adecuando la solución a cada situación concreta.

2. Una breve historia de la agricultura

La Agricultura aparece en fechas relativamente recientes, alrededor del 9000 a.d.C., en una zona del Próximo Oriente conocida como 'Creciente Fértil'. En un fue surgiendo en otros lugares, aparentemente de forma independiente. De esta manera se han constatado como puntos de origen también los valles del Yang-Tse y del río Amarillo entre el 5500-6500 a.d.C. y en América Central y Andina entre el 4500-5500 a.d.C. (Cohen, 2009), tras analizar concienzudamente el surgimiento casi simultáneo de la Agricultura en lugares muy alejados entre sí, considera a la presión demográfica como denominador común y principal factor de la aparición del modelo agrícola.

A tenor de la información arqueológica, las plantas que primero fueron domesticadas fueron los ocho cultivos fundadores neolíticos; trigo duro, trigo harinero, cebada, guisantes, lentejas, yero, garbanzo y lino (Cedeño, 2015). En el Lejano Oriente los cultivos domesticados de mayor antigüedad fueron el mijo, en el valle del río Amarillo, al N. de China, algún tipo de panizo y arroz, más al S. en el valle del Yang-Tse (Janick, 2008). En Mesoamérica, el teosinte salvaje fue domesticado como maíz y en América del Sur se domesticaron la patata y los frijoles (López Fernández, 2013).

El desarrollo de la agricultura no puede desligarse de las técnicas y herramientas que la hacen prosperar y así, las primeras herramientas que se conocen fueron la azada de piedra, la hoz para recoger el grano, se cree que, hecha de palas de piedra afilada, la pértiga para agujerear el suelo y plantar semillas, el arado rudimentario y más adelante el arado para el tiro por bueyes. Los sumerios incorporaron la reja de cobre o bronce y que a veces disponía de una especie de embudo para sembrar. Las civilizaciones fluviales basaron su productividad en el riego y surgieron a su alrededor numerosas técnicas y ciencias para control de las aguas y por ejemplo, en el antiguo Egipto las cosechas eran controladas por escribas, inspectores y agrimensores, que evaluaban la producción que el campesino debía entregar como tributo. A Atenea, diosa griega de la Sabiduría y de las Ciencias se le atribuye la introducción del cultivo de la vid en el Ática, la invención del arado, del rastrillo, del yugo para bueyes y la brida del caballo (Cubero, 2018). Con Aristóteles el conocimiento del mundo vegetal comienza a destacarse como una rama separada de la biología y podemos considerar que en esa época comienza la experimentación sistemática de la producción agrícola.

En la época romana se desarrolló el molino de viento y agua (Rojas-Sola y Amezcua-Ogáyar, 2005), se introdujeron los fertilizantes en su mayoría de estiércol de animales y la rotación de cultivos (dejando tierras en barbecho). De los latinos hay que citar al gaditano Columela (Tinajero, 1879), trata de explicar y fundamentar algunas prácticas empíricas.

Durante la Alta Edad Media se mejoraron distintos sistemas de riego, se desecaron zonas húmedas en Holanda e Inglaterra, se construyendo diques que impidieran la invasión del mar a los terrenos de cultivo como ejemplo de obras de ingeniería relacionadas con la agricultura. Los utensilios de hierro como azadas, legones, horcas, rascadores, podaderas, hachuelas se encuentran ampliamente difundidos en la Edad Media y algunos de ellos, como la guadaña, son de clara aparición medieval (Bakers, 2000).

Los árabes jugaron un importante papel en la Agricultura europea y española al introducir o reintroducir una gran cantidad de plantas procedentes del Oriente Lejano o Próximo (Watson, 1974), entre las que suele citarse a las siguientes: el arroz, el algodón, la caña de azúcar, el cáñamo, la rubia, el azafrán, la berenjena, la alfalfa, el pepino, las sandías, las espinacas, el sorgo, el naranjo amargo, el limonero, la morera, etc. Se escribieron tratados agronómicos como un Libro de Agricultura cuyo autor es Ibn-Al-Awwan (Clément-Mullet, 1866). Llama la atención en esta obra la gran cantidad de especies vegetales que cita, sobre todo entre las hortalizas, aromáticas, condimentos y plantas ornamentales.

La práctica de la siembra en líneas apareció en esta época en los Países Bajos (lo que favoreció notablemente la posibilidad mecánica y manual de realización de escardas), ampliándose la

1. Panorama general

utilización del hierro a numerosos aperos e implementos agrícolas y asimismo en esta primera fase de la Edad Moderna, se inició el despegue de la mecanización agraria

Los ensayos de Van Helmont (Mangas Martín *et al.*, 2004) concluyen que el agua es el principio de la vegetación, Glauber (Crozier, 1997), sienta la hipótesis de que lo que es el nitrógeno o «salitre» que obtuvo de la tierra de suelo de establo. En 1669 Woodward que mediante cultivos en tiesto concluyó que los vegetales no se forman a partir del agua, sino de «cierta sustancia térrea particular. En la segunda mitad del siglo XVII, el español José de Lucatello y el inglés John Worlidge desarrollaron, de forma independiente, sendos modelos de sembradoras mecánicas.

Con la expansión plena en el siglo XVIII del cultivo de forrajes y raíces de invierno, se abrieron nuevas perspectivas, pues se hizo posible un aumento de los alimentos con los que incrementar la cabaña ganadera y por lo tanto la disponibilidad de recursos zootécnicos. El movimiento hacia el estudio de las cosas de la naturaleza, registrado a partir del siglo XVIII, se dirigió claramente hacia la Agricultura, iniciándose la fundamentación científica de la misma. Scheele (1742-86), en 1772, identifica como principios nutritivos el nitrógeno y el fósforo (McHargue, 1926). A partir de mediados del siglo XIX se creó lo que podría llamarse el primer laboratorio de investigación agrícola, experimentando con nitratos, fosfatos, sales potásicas y diversos abonos orgánicos. La conservación de alimentos con sistemas hielo-sal se empezó a extender a partir de mediados de siglo.

Debe recordarse que en el siglo XX además de conflictos o a consecuencia de ellos, ha habido situaciones de carencia de alimentos incluso en países del área más desarrollada de Europa. Esta es la razón de que hayan aparecido grandes proyectos colectivos como los de la CEE, en cuya acta fundacional se recoge la incentivación y protección del sector agrario y la libertad de comercio entre los países firmantes (Parlamento Europeo, 2021). En los años sesenta se produjo una gran explosión de la productividad agraria en todas las partes del planeta, a través de lo que se denominó Revolución Verde, en la que se integró la introducción de nuevas variedades mejoradas genéticamente, las nuevas tecnologías y en definitiva las bases científicas de la producción agrícola.

En la fabricación de maquinaria agrícola se han incorporado nuevos materiales, así como tecnologías distintas de la simple Mecánica, como el rayo láser, que se utiliza habitualmente en traíllas de gran precisión para nivelar los terrenos; la célula fotoeléctrica en cosechadoras de tomate o en postrecolección para calibrar por color éstos u otros frutos; calibradoras por peso, tamaño y forma que incorporan en su funcionamiento implementos electrónicos e informáticos

El riego localizado, estudiado como hipótesis en primer lugar en Israel por el ingeniero Symcha Blass en 1930 y posteriormente a la finalización de la segunda guerra mundial, desarrollado con materiales plásticos por el propio Blass, permite suministrar agua a baja presión y dosis, con pequeños caudales y con suficiente frecuencia, lo que evita el estrés hídrico. Los sistemas de riego localizado permiten igualmente un control fino de la nutrición de las plantas, a través de la técnica conocida como fertirrigación (Henry, 2020).

Ya se han comercializado distintos transgénicos de diversas especies como soja, maíz, algodón, girasol, tomate, etc., que presentan diversas ventajas, como resistencia a herbicidas, resistencia a insectos, mejora de sus propiedades nutritivas. A pesar de sus inconvenientes, lo más probable

es que en un futuro bastante inmediato los transgénicos se expandan ampliamente en función de las mejoras que su uso implique (Solbrig, 2004).

Sin embargo, la moderna Agronomía no se encuentra exenta de críticas desde distintas perspectivas, como fuente de desequilibrios sociales o por su impacto negativo frente al medio ambiente. Entre los fundamentos de la conciencia ecológica en la Agronomía, cabe citar: el uso abusivo de fertilizantes, la utilización masiva de pesticidas; el empleo de insumos poco degradables; la cada vez mayor apropiación privada del material vegetal de propagación; la contaminación industrial y agroindustrial; el uso de aditivos químicos, etc (Kolmans y Vásquez, 1996).

3. ¿Cuándo empezó la Horticultura?

La horticultura [latín: hortus (jardín) + cultura (cultivo)] se define como el arte y la ciencia de cultivar frutas, verduras, hierbas, frutos secos y plantas ornamentales (árboles, arbustos, plantas con flor y césped). La separación de la horticultura de la agricultura como actividad diferenciada suele datarse en la Edad Media en Europa. Aunque la horticultura y la agricultura tienen muchas prácticas en común (desherbar, abonar, regar, etc.), la horticultura se distingue de la agricultura por sus prácticas especializadas, por ejemplo, el injerto, y por la menor escala de sus operaciones (Leguizamón, 2018).

La horticultura puede dividirse en tres sectores principales: la fruticultura (pomología); la horticultura (verduras y hierbas) y el cultivo de plantas ornamentales (flores, arbustos, árboles). El cultivo de plantas ornamentales, que algunos llaman floricultura y horticultura paisajística, puede dividirse a su vez, por ejemplo, en arboricultura (plantas leñosas) y floricultura. El cultivo de frutos secos (utilizados para producir aceites, grasas y adornos) y el cultivo de la uva (viticultura) son divisiones hortícolas más pequeñas.

Algunos historiadores creen que ésta comenzó en los jardines de los templos egipcios, donde se cultivaban árboles frutales, palmeras y vides (Von Baeyer, 2010). Sin embargo, los avances hortícolas egipcios no se produjeron de forma aislada, sino que se tomaron prestadas y se perfeccionaron a partir de las innovaciones hortícolas que ya se encontraban en Oriente Próximo y Medio, como el riego, una de las tecnologías más importantes desarrolladas en la agricultura y la horticultura. Por ejemplo, aunque se atribuye a Egipto la introducción de la primera ingeniería hidráulica y el riego sistémico, probablemente fue inventado por los sumerios. El sistema egipcio incorporaba una red de canales, diques, esclusas, cuencas, etc.; por ejemplo, se han encontrado pequeños sistemas de riego en los jardines de los templos en ilustraciones que datan de alrededor del sexto milenio a.C.

Las pruebas arqueológicas también demuestran que los antiguos jardines egipcios contenían una serie de elementos que persisten hasta los tiempos modernos. Por ejemplo, la disposición habitual de un jardín egipcio antiguo era formal, a menudo simétrica y rectangular, una disposición que todavía se reconoce como la forma más eficiente de regar y que proporciona un fácil acceso para desherbar y cosechar las plantas. Además, los egipcios construyeron algunos jardines en diferentes niveles que estaban unidos por terrazas, incorporaron elementos de agua en sus jardines y separaron sus jardines en secciones distintas mediante el uso de muros, líneas

de árboles, pérgolas, etc. Los antiguos egipcios clasificaban sus jardines en función de su forma, de lo que se cultivaba en ellos y de los edificios a los que estaban unidos. Por ejemplo, hay pruebas arqueológicas de huertos separados, olivares, huertos frutales, viñedos, arboledas de incienso y lo que nosotros llamaríamos lotes de madera, donde se cortaban árboles y se utilizaban para fabricar objetos. Por sus dibujos de plantas ornamentales y utilitarias que crecían en macetas, creemos que los antiguos egipcios también entendían la jardinería en contenedores.

El reconocimiento formal de la horticultura como algo distinto de la agricultura se considera que se produce a partir de la Edad Media (Von Baeyer, 2010). La horticultura evolucionó a partir de la creciente importancia del huerto (que suministraba hortalizas, hierbas y frutas), que, basándose en la anterior organización de la hacienda romana, se situaba junto a la casa solariega, mientras que los campos agrícolas estaban más alejados de la casa. La agricultura se dividía ahora en agronomía, horticultura y silvicultura. Las herramientas comenzaron a especializarse para adaptarse a las diferentes operaciones hortícolas. Sin embargo, en otras zonas del mundo no se observó una clara separación entre agronomía y horticultura y las herramientas siguieron fabricándose con madera durante más tiempo.

4. El origen de las hortícolas cultivadas

Aunque se ha mencionado a las primeras plantas domesticadas, cabe recordar aquí el origen de las plantas hortícolas más frecuentes.

Posiblemente la hortaliza más antigua fue una leguminosa como el Guisante, hacia 9000 A.C. (Martínez y De Ron, 2002). Casi simultáneamente, en América se comenzó a cultivar el frijol (judía) y la calabaza (Eguiarte *et al.*, 2018). Un poco más recientemente se domesticó la patata en la zona de los Andes (Bonavia, 1993). Hacia los 4000 A.C. se tienen pruebas de Puerro, zanahoria y ajo y en Ur se cultivaban cebollas, melones y pepinos ya hacia el año 3.000 a.C. (Von Baeyer, 2010). En la zona del Cáucaso, Asia central se domesticaron probablemente numerosos frutales como el manzano, granado, melocotón y mora (Das *et al.*, 2011). Las coles y otras crucíferas fueron ya cultivadas en Europa hacia el año 1500 A.C. y la palmera datilera y la higuera son mencionadas en textos antiguos hacia 2000 A.C. (Warwick y Stewart, 2005).

Las solanáceas son casi todas de origen americano y así la forma ancestral del tomate cultivado se limitó originalmente al área Perú-Ecuador. Después de propagarse al norte posiblemente como hierba en la época precolombina, no fue ampliamente domesticado hasta que llegó a México, ya antes del 500 A.C. y a partir de ahí las formas cultivadas se diseminaron por todo el mundo (Jenkins, 1948). A partir de análisis paleobotánicos, paelolingüísticos, indicadores biológicos y análisis biológicos de cultivares, Kraft *et al.* (2014) propusieron tres zonas de domesticación en Méjico precolombino. Allí, el consumo de bayas de *Capsicum* por el hombre se remonta a al menos 6000 años y su cultivo, al menos, hace 2500 años. El origen de la berenjena es discutido, aunque parece ser que hubo dos centros de domesticación, uno en el sureste de China, extendiéndose hacia Australia y el resto de del oriente asiático, y otro, en el centro de la India, extendiéndose hacia occidente y el mediterráneo (Meyer *et al.*, 2012). A Europa llegó con la conquista árabe de la península ibérica en el siglo VIII, y más tarde pasaría a América (Gebhardt, 2016).

Los parientes silvestres de la sandía se encuentran en el sur de África pero las primeras pruebas de cultivo indican que los egipcios utilizaron esta planta, probablemente lo mismo hicieron otros pueblos del continente africano. Posteriormente el cultivo de la sandía se extendería por gran parte de la cuenca del Mediterráneo durante el primer milenio A.C., dicha expansión llegaría a su apogeo durante el periodo romano (Chomicki *et al.*, 2020). Por su parte, la domesticación del melón parece que tuvo lugar hace 4.000 años. La planta se habría domesticado tres veces de manera independiente: una en África y dos en la India (Endl *et al.*, 2018).

En la Figura 1 se muestran los lugares donde se piensa que se domesticó o utilizó por primera vez algunas especies de frutales y hortícolas.



Figura 1 Lugar donde se cree fueron domesticadas algunas especies hortícolas y frutales

5. Los hitos en progreso de la horticultura

La revolución en la horticultura se produjo fundamentalmente en el siglo XX (Janick, 2006). Sin embargo, un agricultor de los tiempos bíblicos que fuese transportado a una granja americana en el año 1900, habría reconocido y tenido la habilidad de utilizar la mayoría de las herramientas que habría visto: la azada, el arado, la grada, el rastrillo con la fuerza de los caballos y las mulas alimentados por la avena y el heno.

La mayor parte de la horticultura era un complemento de la granja familiar a lo largo de la historia, la domesticación de las plantas y el desarrollo de técnicas básicas y herramientas corrió a cargo de personas brillantes y observadoras, pero el estudio sistemático y las grandes operaciones hortícolas empezaron en occidente y en ellas se percibe la mano y el ingenio de multitud de agentes que podemos empezar a considerar los primeros técnicos.

Podríamos clasificar los cambios como varias revoluciones técnicas paralelas, más o menos coincidentes en el tiempo con el despegue industrial de la humanidad.

5.1. La revolución mecánica

Los dispositivos mecánicos acompañan a la agricultura desde sus inicios y facilitaban la tracción animal, cultivaban las cosechas y elevaban o transportaban el agua para el riego. Aunque estos dispositivos sufrieron mejoras a lo largo de los milenios, siguieron siendo esencialmente similares en su concepto. La vida de un agricultor era una vida agotadora. A principios del siglo XIX, los avances mecánicos, como la segadora de McCormick y la desmotadora de algodón de Eli

Whitney, afectaron profundamente a la agricultura, sobre todo en Estados Unidos. Se desarrollaron maquinas, pero su funcionamiento era peligroso y suponían un riesgo de incendio. Fue el motor de gasolina el que transformó la agricultura en el siglo XX (Kennedy, 1864).

El motor de gasolina

En 1892, John Froelich construyó el primer tractor de gasolina que funcionó con éxito, al mismo tiempo que el automóvil de gasolina. En 1923, el Farmall, una máquina de cultivo en hileras de tipo triciclo producida por International Harvester, marcó la transición agrícola del caballo a la máquina. En la década de 1930, la invención de la toma de fuerza permitió que el tractor fuera la máquina agrícola básica capaz de impulsar una veintena de otras operaciones (Rasmussen, 1982).

Horticultura en ambiente controlado

Los intentos de controlar el entorno de los cultivos tienen precedentes que se remontan a la antigüedad. Plinio, en el siglo I de nuestra era, habla de un invernadero (*specularia*) en el que se utilizaba "piedra transparente" (mica o yeso) para forzar los pepinos demandados por el emperador Tiberio. En el siglo XIX se desarrolló el invernadero de cristal, basado en una superestructura de hierro y calentado por vapor. Se construyeron elaborados invernaderos en las fincas de los ricos y en los jardines botánicos. A principios del siglo XX, se desarrolló una próspera industria para la producción de flores cortadas, plantas de parterre y algunas hortalizas. En la primera mitad del siglo XX, las mejoras incluyeron una mejor construcción, la sustitución del acristalamiento de madera por el metal, una mejor calefacción, el cambio al petróleo y al gas, y la refrigeración con ventiladores y almohadillas, pero hubo pocos cambios esenciales (Van den Muijzenberg, 1980).

Las investigaciones realizadas en Kentucky por Emmert (1957) con películas de plástico de polietileno tuvieron un profundo efecto en la horticultura mundial. La nueva tecnología, denominada *plasticultura*, se utilizó para las cubiertas de los invernaderos, el acolchado del suelo y diversos túneles de cultivo. El mayor desarrollo se produjo primero en Europa, donde el invernadero de plástico encontró un lugar para la producción de invierno en climas mediterráneos, especialmente en España e Israel y recientemente, el invernadero de plástico ha alcanzado un gran desarrollo en China.

La iluminación artificial en entornos hortícolas también ha transformado la ciencia hortícola y la producción de cultivos. Bailey fue el primer científico estadounidense que realizó investigaciones sobre la producción de cultivos hortícolas utilizando luces eléctricas (Wilcox-Lee, 1989). Aunque existían precedentes europeos de este tipo de trabajos, se referían principalmente a los efectos fisiológicos de la luz. El enfoque de Bailey era pragmático y también intentaba responder a la pregunta de si las luces eléctricas eran perjudiciales para las plantas, como se creía en aquella época. Bailey llegó a la conclusión de que la luz provocaba una maduración más rápida en algunas plantas y sugirió que podría ser útil algún día en la producción de cultivos. También observó que la luz afectaba a las especies de cultivo de forma diferente, provocando una indeseable floración en algunas de ellas. Los misteriosos efectos del fotoperiodismo permanecieron desconocidos hasta el trabajo pionero de Garner y Allard, unos 30 años después (Janick, 2006).

Una vez que se comprendieron los efectos de la luz a nivel práctico, los horticultores comenzaron a manipular los tipos y las cantidades de luz para influir en la producción de los cultivos. Un hito de la horticultura en este ámbito fue el descubrimiento de que la exclusión de la luz y la consiguiente reducción de la duración del día podían acelerar la floración de las plantas ornamentales (Miller y Langhans, 1989)). Los controles automáticos del entorno de los invernaderos se han hecho comunes en los últimos 25 años, y el diseño de los invernaderos ha sufrido un rediseño, ya que cada vez se parecen más a las fábricas automáticas de plantas e incorporan control climático.

Riego

La tecnología del riego siempre ha sido una parte básica de la horticultura. Hasta el siglo XIX, el riego en Europa todavía se basaba en sistemas de surcos y en el flujo por gravedad de los canales, tal y como se hacía desde la antigüedad. La tecnología de riego se transformó con el desarrollo de los sistemas de riego por aspersión, al principio mediante tuberías fijas y más tarde, se extendió mucho más con el desarrollo de la tubería de aluminio. El desarrollo de los sistemas de riego de pivote central iba a tener un impacto grande y significativo en la producción de cultivos de hortalizas y frutas en la producción de cultivos a gran escala. El uso del riego por aspersión para el control de las heladas iba a tener un gran impacto en la producción de frutas y verduras fuera de temporada.

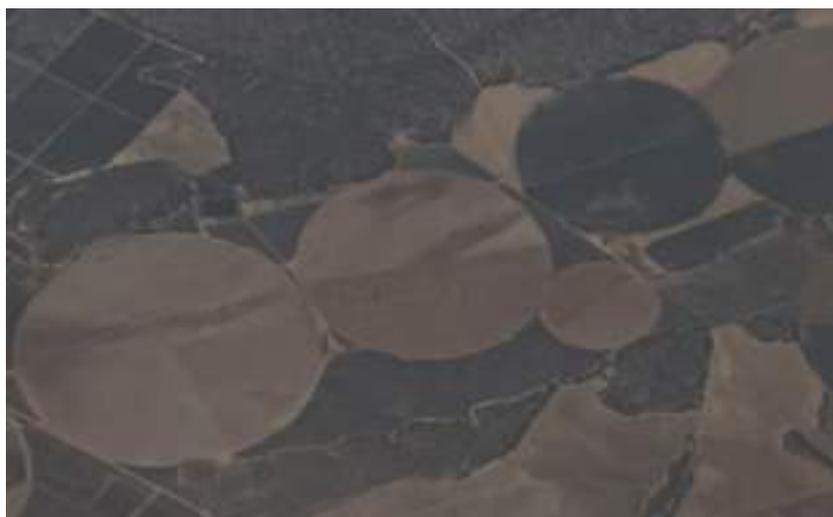


Figura 2. Vista aérea de sistemas pivotantes de riego

Para las zonas semiáridas de Israel se desarrolló una nueva tecnología, denominada riego por goteo, que tenía sus antecedentes en las técnicas utilizadas en EE.UU. y Australia con tuberías perforadas que se enterraban bajo el suelo, así como el sistema Chapin para regar macetas individuales en invernaderos mediante tubos de plástico individuales. Esto estaba destinado a transformar completamente el riego de los cultivos hortícolas en todos los climas. A principios de los años 60, los trabajos de S.D. Goldberg y M. Shmueli en el desierto de Arava, en el sur de Israel, demostraron que un sistema de riego por goteo instalado en la superficie del suelo funcionaba excepcionalmente bien para producir cultivos hortícolas, incluso con agua salina (Goldberg *et al.*, 1971). El sistema, responsable del reverdecimiento de un entorno antes improductivo, se basaba en materiales plásticos ligeros desarrollados durante y después de la Segunda Guerra Mundial.

Los cultivos hortícolas suelen diferenciarse otros productos por su alto contenido en agua. De hecho, la horticultura se basa fundamentalmente en el agua y, por tanto, su disponibilidad y su economía dictan en gran medida el éxito de las prácticas e industrias hortícolas. La determinación de las necesidades precisas de agua para determinados cultivos hortícolas se ha desarrollado en un esfuerzo por conservar el agua y mejorar la calidad de los cultivos. La salinización se ha convertido en un problema mundial y las cuestiones del uso del agua, la calidad del agua y las plantas eficientes desde el punto de vista hídrico ya son claramente el centro de la investigación sobre el riego (Koech y Langat, 2018).

Cosechadoras mecánicas

La cosecha mecánica comenzó con los cultivos de cereales y pronto se extendió a los cultivos hortícolas, en particular a los cultivos de raíces como la patata, la batata y la cebolla, y más tarde a los guisantes y las judías. Sin embargo, resultaba difícil cosechar mecánicamente muchos cultivos frutales debido al problema de la cosecha secuencial, la selección de los frutos y las magulladuras durante el proceso. En la década de 1950 se produjo un gran avance con el desarrollo de la cosechadora de tomates, que no tardó en cambiar por completo la industria del tomate procesado. La recolección mecánica iba a tener un profundo efecto en las prácticas culturales y vino acompañada de altas poblaciones de plantas, de la mejora para concentrar la maduración y la producción y el rendimiento y la calidad del procesado, y del uso de reguladores del crecimiento para madurar la fruta según lo previsto (Sarig, 1993).

La recolección mecánica pronto se trasladó a las frutas destinadas a la transformación, como el arándano, la frambuesa, la cereza ácida y la uva. Sin embargo, la recolección mecánica aún no se ha convertido en la norma para los productos frescos de mercado debido al problema de las magulladuras, así como a consideraciones sociales para proteger los puestos de trabajo. En estos casos, la recolección se ha llevado a cabo mediante una combinación de cosecha manual y ayudas mecánicas.

La revolución mecánica también afectó a las prácticas ordinarias de cultivo, como el trasplante, el establecimiento de huertos y la poda. La mecanización ha tenido un gran impacto en la horticultura de poscosecha, ya que el trabajo de arrastrar cajas fue sustituido por carretillas elevadoras. El almacén de empaquetado experimentó una transformación cada vez más sofisticada, ya que la clasificación y el empaquetado fueron asumidos en gran medida por máquinas aparentemente inteligentes y asistidas electrónicamente. Hoy en día, las clasificadoras electrónicas de color se han empleado de muchas maneras en la producción hortícola, desde las líneas de las fábricas de procesamiento de frutas y verduras hasta las operaciones de pureza de semillas, aunque el ojo humano ha seguido encontrando un lugar en la línea de clasificación (Failla *et al.*, 2021).

Instrumentación

En la última mitad del siglo XX, los avances en instrumentación han afectado en gran medida a la investigación hortícola, especialmente en fisiología y bioquímica de las plantas. Los análisis de suelos y foliares se modificaron por completo con el análisis secuencial mediante técnicas cromatográficas (Soisson, 1975). Se desarrollaron procedimientos analíticos para compuestos secundarios complejos en plantas hortícolas, como vitaminas y precursores de vitaminas, pigmentos, aromas y compuestos de defensa, utilizando técnicas como la cromatografía líquida

de alta presión (HPLC) y la cromatografía de gases. La instrumentación moderna permite el control de la temperatura y la luz y la capacidad de automuestreo, eliminando así gran parte del tiempo asociado a la medición de dichos compuestos. Esto es especialmente cierto en el ámbito de la investigación de la fotosíntesis, donde las mediciones de la fijación del carbono han cambiado drásticamente durante el siglo XX (Bolhar-Nordenkampf *et al.*, 1989).

Los campos de la genética y la biología molecular son quizá los que más se han beneficiado de la revolución instrumental. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR), y la instrumentación diseñada para realizar la amplificación rutinaria de la PCR en cuestión de horas, ha revolucionado por completo el análisis genético en la horticultura (Arya *et al.*, 2005).

El análisis estadístico se convirtió en una parte integral de la investigación agrícola en la primera mitad del siglo XX. El monótono y largo trabajo del análisis de datos se realizó primero a mano, luego con calculadoras manuales, más tarde electrificadas, y finalmente se transformó en ordenadores y programas informáticos que cambiaron por completo la forma de manejar los datos. Los avances en el análisis numérico resultaron ser componentes esenciales de la revolución genómica. La presentación de los datos también sufrió una notable transformación. Los equipos de diseño de gráficos por ordenador para cuadros y gráficos han hecho que los juegos de letras LeRoy sean tan obsoletos como la regla de cálculo. Las presentaciones científicas también se han beneficiado de estos avances pasando de ser simplemente leídas a presentadas mediante técnicas muy dinámicas en la actualidad.



Figura 3. Vista interior de un invernadero tipo Almería

5.2. La revolución química

Nutrición vegetal

El interés por materiales que aumenten el crecimiento de los cultivos se remonta a la antigüedad. Demócrito de Abdera, un antiguo filósofo griego, propuso el concepto sorprendentemente moderno de que las plantas se derivan de una combinación de sustancias químicas. Los primeros agricultores y escritores romanos reconocieron los efectos beneficiosos

del estiércol animal, los residuos vegetales de los cultivos de leguminosas y la rotación de cultivos. A pesar de estos conocimientos, no existía una verdadera comprensión de la teoría de la nutrición de las plantas y la contribución de la materia orgánica y la inorgánica se confundían. Justus von Liebig (1802-1873) demostró que el carbono lo aportaba el aire y no el humus, aunque creía que las raíces lo absorbían. Liebig también suponía que la mayor parte del Nitrógeno era absorbido por el aire, pero desconocía la fijación del mismo por las bacterias.

A medida que la agricultura comenzó a desarrollarse a finales del siglo XVIII, los agricultores empezaron a darse cuenta de que los suelos rocosos podían beneficiarse enormemente de las enmiendas de fertilidad. Se desarrollaron métodos para analizar la composición del suelo y recomendar prácticas para mejorar su fertilidad. La contribución de la nutrición vegetal como ciencia floreció en el siglo XX. Las contribuciones importantes fueron el aire como fuente de carbono y nitrógeno, la producción de N a partir del proceso Haber, el concepto de intercambio de cationes y la fertilidad del suelo, el desarrollo de la industria de los fertilizantes, el concepto de elementos esenciales, la importancia de los oligoelementos, el papel respectivo del nitrógeno nítrico y amoniacal en la nutrición de las plantas, la clasificación del suelo, el reconocimiento de la importancia de la inclinación del suelo y el pH, los problemas del equilibrio de nutrientes, el papel del calcio en los trastornos de la fruta y el uso de la aplicación foliar, el análisis del suelo y el análisis foliar (Archer, 1985).

El desarrollo de suelos sintéticos supuso un avance especial en el campo de la nutrición, que condujo al aumento de la producción de plantas ornamentales en contenedores, a la hidroponía y a la tecnología de cultivo de tejidos (Adams, 1992). En el último cuarto del siglo XX, la preocupación por el medio ambiente y el crecimiento del movimiento orgánico han llevado a una reevaluación de la nutrición de las plantas, al darse cuenta de que el exceso de fertilizantes podía provocar problemas medioambientales y algunos cuestionaron la sostenibilidad de depender demasiado de la nutrición inorgánica. Sin embargo, al mismo tiempo se ha demostrado de forma concluyente que la escasa producción en muchas partes del mundo tropical está directamente relacionada con la tecnología de fertilización de los suelos problemáticos y la nutrición vegetal vuelve a ser considerada como un componente crítico de la producción de alimentos y de la mitigación del hambre y la pobreza en el mundo (Frison *et al.*, 2006).

Control de plagas

La búsqueda de productos químicos para el control de plagas tiene una antigua tradición, pero la gran mayoría de los productos utilizados en la antigüedad tenía poca efectividad. Los primeros ejemplos de éxito en el control de plagas se produjeron en el siglo XIX con el uso de azufre calcáreo, que originalmente se rociaba en las uvas para disuadir el hurto, cuando se observó que reducía varias enfermedades fúngicas, en particular el oídio. A principios del siglo XX, este material era básicamente la única arma para controlar muchas enfermedades fúngicas de los cultivos (la sarna del manzano, por ejemplo), mientras que se utilizaban una serie de materiales realmente peligrosos, como el arsénico de plomo para el control de la polilla de la manzana y los compuestos de mercurio para las enfermedades transmitidas por las semillas.

El desarrollo de plaguicidas recibió un gran impulso durante la Segunda Guerra Mundial con el descubrimiento de que el DDT podía controlar los insectos a concentraciones muy bajas. Sin

embargo, el DDT, a pesar de sus efectos positivos en el control de los insectos, se concentraba fácilmente en la cadena alimentaria, y se descubrió que afectaba negativamente a las aves por la reducción del grosor de la cáscara de los huevos. Esto hizo que se intentara reducir el uso de productos químicos en la agricultura y que se buscaran materiales respetuosos con el medio ambiente (Van den Berg, 2009).

La reducción de los plaguicidas mediante el empleo de muchas vías de control, incluidas las técnicas químicas, biológicas y culturales, se conoce como gestión integrada de plagas. Esta es la práctica actual de la mayoría de los horticultores. También está claro que los comercializadores y consumidores de productos hortícolas están interesados en cultivos producidos con prácticas más respetuosas con el medio ambiente. El fenomenal crecimiento del mercado de alimentos ecológicos, así como la aparición de nuevas marcas ecológicas de ciertos productos hortícolas, sugiere una expansión de los esfuerzos destinados a ofrecer productos hortícolas producidos con menores cantidades de pesticidas sintéticos. El control biológico a través de depredadores naturales y la acción de los genes es una tecnología ya implantada, aunque trasladar los genes de resistencia a los organismos es aún un tema controvertido (Vet et al., 1980).

Reguladores de crecimiento

Una de las principales aportaciones del siglo XX fue la regulación del crecimiento de las plantas mediante sustancias químicas específicas (Looney, 1997). El término "hormona" introducido en la fisiología animal para denotar una sustancia producida en una parte del organismo y transferida a otra para influir en un proceso fisiológico específico se trasladó a la biología vegetal ya en 1910. En 1937, Went y Thimann que el concepto de hormona era aplicable a las plantas, y se acuñó el término fitohormona. La era moderna de las fitohormonas comenzó en la década de 1920, cuando Fritz W. Went demostró que una sustancia procedente de la punta extirpada del coleóptilo de la avena podía ser absorbida por el agar y éste producía el efecto logrado por la punta extirpada sola (Jensen, 1938).

Este y otros descubrimientos similares no tienen parangón con ninguno de los grandes avances anteriores en la agricultura y, quizás, con la mayoría de los avances en el campo biológico. Por primera vez el hombre puede cambiar el patrón de crecimiento y desarrollo de las plantas; puede retrasar el crecimiento aquí y acelerarlo allí.

Una serie de artículos científicos publicados durante la década de 1940 indicaban que ciertos reguladores del crecimiento de las plantas podían actuar como herbicidas si se utilizaban en dosis específicas. Una de estas clases de compuestos prometedores eran los ácidos fenoxi y benzoico, que habían sido descubiertos anteriormente por P.W. Zimmerman y A.E. Hitchcock. Uno de estos ácidos, el 2,4-D, parecía ser un herbicida selectivo muy prometedor, ya que mataba las malas hierbas de hoja ancha pero no las hierbas que crecían junto a ellas. Además, era más de mil veces más eficaz que otros compuestos inorgánicos. Un trabajo clásico de Marth y Mitchell (1944) describió el valor de este herbicida selectivo en la producción de cultivos. Esto, a su vez, abrió una nueva vía para el control de las malas hierbas en la producción de cereales y césped, y hoy en día el 2,4-D se sigue utilizando ampliamente en estas aplicaciones.

La regulación del crecimiento tuvo otros efectos económicos espectaculares, especialmente en la horticultura. Entre ellos se encuentran la estimulación del enraizamiento, la inducción de la

floración y el cuajado de los frutos, el control de la abscisión, la inhibición del crecimiento y los aceleradores e inhibidores de la maduración de los frutos.

El aumento de los reguladores del crecimiento y de los plaguicidas en general fue responsable de una reacción. La preocupación por los efectos de estas sustancias en el medio ambiente dio origen al movimiento ecologista. Esto llevó a intentar reducir el uso de productos químicos en la agricultura y a esforzarse por conseguir materiales respetuosos con el medio ambiente.

5.3. La revolución biológica

La revolución biológica surgió de los trabajos de Charles Darwin y Gregor Mendel, ambos horticultores por derecho propio. Darwin iba a investigar los innumerables cambios introducidos por los horticultores en la selección de las plantas de jardín, lo que le llevó a formular sus teorías de la evolución. Las investigaciones de Mendel y Miescher fueron el origen de las investigaciones que culminarían con el desentrañamiento del código genético en el siglo XX.

Genética

El impacto inmediato del artículo de Mendel, presentado en 1866, fue nulo hasta su redescubrimiento en 1900. Sin embargo, el periodo de 1866 a 1900, el periodo clásico de la citología, el estudio de las células, iba a establecer la parte básica de la biología celular estructural. En 1866, Haeckel publicó su conclusión de que el núcleo celular era el responsable de la herencia. Poco después, los cromosomas, el marco físico de la herencia, se convirtieron en el centro de atención de la mitosis, la meiosis y la fecundación, con especulaciones sobre su relación con la herencia. Sin embargo, las piezas del rompecabezas encajaron rápidamente cuando W.S. Sutton reconoció, en un artículo de 1902, que la asociación de cromosomas paternos y maternos en pares y su posterior separación durante la meiosis constituía la base física de la genética mendeliana.

La relación entre la genética y la mejora se ejemplifica mejor con dos protocolos rutinarios de mejora. Uno de ellos es la extracción y recombinación de endogámicos combinada con la selección para producir híbridos heterocigotos, pero homogéneos. El otro es el retrocruzamiento, en el que se pueden extraer genes individuales e insertarlos con precisión y previsibilidad en nuevos fondos genéticos. La combinación del retrocruzamiento para mejorar las razas internas y la cría de híbridos para captar la heterosis es la base de la estrategia actual conocida como método endogámico-híbrido.

La aclaración de la genética de la esterilidad masculina en cebollas por parte de los horticultores H.A. Jones y A.E. Clarke resolvió un problema hortícola de producción de semillas híbridas y llamó la atención sobre los factores genéticos no nucleares (Gabelman, 1989). Rápidamente se produjeron éxitos espectaculares: ejemplos de ello son los híbridos y los cultivos resistentes a las enfermedades. No faltan ejemplos de éxito de esta estrategia en hortícolas, como el desarrollo de la sandía sin semillas a partir de la producción de triploides producidos por el entrecruzamiento de tetraploides (plantas con el doble de cromosomas) y diploides (Eigsti, 1989). En la historia de la horticultura tiene especial importancia la comprensión de que la genética puede controlar la reacción a las enfermedades en las plantas y que la resistencia de la planta huésped puede ser objeto de selección. Esto dio paso a una era de mejora de la resistencia a las enfermedades en muchas especies agrícolas.

El rendimiento de los cultivos hortícolas ha aumentado considerablemente durante los últimos 100 años (Warren, 1998; Tiefenthaler *et al.*, 2003) debido a una mezcla de mejoras genéticas y culturales. El rendimiento medio del tomate y la patata de transformación ha aumentado rápidamente. En el caso del tomate, las mejoras se debieron a una combinación de factores genéticos y culturales; en la patata, el mayor rendimiento se debió principalmente a prácticas de gestión superiores, como la fertilización con nitrógeno, que se generalizó en la década de 1940. El rendimiento de la cebolla se duplicó a partir de la década de 1920, el de la remolacha de mesa y el de la judía de mesa en la década de 1930, y el de la zanahoria a partir de la década de 1950. Los mejoradores de cultivos hortícolas han conseguido enormes mejoras en la calidad nutricional, incluyendo la mejora del valor de la pro-vitamina A de las zanahorias y la modificación de los perfiles de carotenoides en una variedad de especies, incluyendo el tomate y muchos miembros cultivados de las Cucurbitaceae.

Biotecnología

Los espectaculares avances de la biología auguran una tercera revolución agrícola relacionada con la biotecnología, un término global que incluye tanto la manipulación de las células como del ADN. Un punto de partida convencional para la revolución biotecnológica es 1953, fecha del brillante artículo de James Watson y Francis Crick sobre la estructura del ADN, 50 años después del descubrimiento del artículo de Mendel.

En 1902, G. Haberlandt fue pionero en los estudios de cultivo *in vitro* de órganos y tejidos vegetales y predijo que la idea de producir plantas a partir de células cultivadas proporcionaría la confirmación definitiva de la teoría celular (Janick, 1989).

El cultivo de células y tejidos vegetales se utilizó rápidamente en la horticultura para la propagación rápida, primero para las orquídeas por Morel (1960), y luego para una serie de plantas ornamentales. Se sigue investigando a fondo el potencial del cultivo de células y tejidos como complemento de la mejora de los cultivos.

El descubrimiento de enzimas que escinden el ADN en secuencias específicas y que posteriormente se ligan a los ADN extracromosómicos de las bacterias, permite la replicación de genes en un huésped bacteriano, un proceso conocido como clonación de genes.

Además, el ADN puede insertarse en el ADN de las plantas superiores mediante diversas técnicas. El vector más prometedor para las plantas dicotiledóneas ha sido el plásmido inductor de tumores de *Agrobacterium tumefaciens*, una bacteria que normalmente incorpora su ADN en el huésped como parte del proceso de infección. Como ejemplo de estas técnicas en la horticultura podemos mencionar el tomate de maduración lenta que fue un éxito científico, pero no comercial hasta hace relativamente poco tiempo (Holsters *et al.*, 1978).

En tiempos recientes ha surgido el miedo a la manipulación genética por considerarla "antinatural" y las restricciones impuestas a la investigación pueden frenar los avances al reducir el interés comercial. La resistencia de los consumidores en Europa es intensa y su producción está esencialmente prohibida. La cuestión de lo "natural" frente a lo "antinatural" es, en cierto sentido, el conflicto entre la naturaleza y la ciencia (Janick, 1994) y muchos siguen sintiéndose incómodos con quienes "manipulan la naturaleza".

En 2001, se había cartografiado por completo el ADN de varios organismos, como los bacteriófagos, las bacterias, las levaduras, los nematodos, la Arabidopsis (berro de oreja de ratón), una planta en miniatura de ciclo rápido de la familia de la mostaza, y finalmente los seres humanos, y ahora se está ampliando enormemente en familias hortícolas como las rosáceas. Ya se ha acuñado el nombre del próximo campo emergente, la proteómica, que desentrañará los cambios proteicos relacionados con la función de los genes y el desarrollo (Vitzum *et al.*, 2005).

5.4. Las tecnologías de la información

Las TIC pueden ayudar a implementar sistemas de recolección y monitorización de datos que construyan múltiples indicadores basados en el desarrollo de innovaciones, sus fuentes y efectos. Los distintos hitos tecnológicos implementados en los invernaderos confirman a nivel general un fuerte incremento de la productividad (producción de toneladas de hortalizas por hectárea) pero no existen registros (públicos) que evalúen por subcategorías cuáles han tenido mayor y mejor impacto. No todas las tecnologías e innovaciones tienen el mismo efecto sobre los cultivos, pues unos serán mejores receptores que otros. Por esa razón, conviene que el sector en su conjunto disponga de unos indicadores, de fácil acceso, que aporten información sobre los efectos de esos desarrollos tecnológicos (Crassweller *et al.*, 1993).

6. ¿Cuál es el lugar de los técnicos en la horticultura actual y futura?

Hasta aquí los hitos de la horticultura y personas que los definieron. Los técnicos actuales, por supuesto siguen implicados en el descubrimiento, pero también en la difusión y aplicación inteligente de lo ya desarrollado.

Si se analiza con perspectiva, la presencia de los ingenieros agrónomos a la vanguardia de la industria agrícola durante 165 años en todo el territorio español se ve claramente que la entrada en escena de la figura del Ingeniero Agrónomo en el mundo de la horticultura ha jugado un papel fundamental en su avance tecnológico, reinventando constantemente el modo y método para su desarrollo.

El esfuerzo ha estado enfocando a orientar la producción a las demandas del mercado: producir lo que se demanda y a prestar servicios y vender soluciones. El tejido industrial debe pertrecharse de equipos de ingenieros agrónomos para hacer accesible a todos los agricultores un buen asesoramiento.

Los beneficios de aplicar la tecnología a la horticultura son fundamentalmente una mayor productividad de los cultivos, la disminución de vertidos químicos en ríos y aguas subterráneas, una mayor seguridad de los trabajadores y una disminución del uso de agua, fertilizantes y pesticidas, lo que a su vez reduce los precios de los alimentos.

Para ello los técnicos mantienen el control de los cultivos, detectan la falta de fertilizantes o agua, localizan enfermedades y plagas, supervisan áreas fumigadas, obtienen imágenes de alta resolución, y conocen las propiedades del suelo.

El agrónomo debe poseer una amplia gama de conocimientos tanto básicos como aplicados que no deben ser considerados en un universo estanco, sino proporcionar los fundamentos que

permitan de la forma más rigurosa posible interpretar realidades concretas, propias de cada circunstancia y por supuesto prever en alguna medida la materialización de las mismas.”

En el futuro, el ingeniero agrónomo, además de ser parte de los engranajes de cada uno de los agentes del sistema alimentario, va a ser también una especie de coordinador que haga que la fricción entre ellos no castigue al más débil. Es decir, seguiremos haciendo proyectos, investigando, estando en la industria transformadora y en la producción primaria, pero la industria asociada a nuestros sectores será la que coadyuvará en la sincronización del sistema alimentario.

Con su formación y saber hacer, maneja todas las herramientas desarrolladas para una agricultura moderna. La tecnología de riego, de invernaderos, plásticos, agronutrientes, bio estimulantes, genética, sustratos, fauna auxiliar, maquinaria, control climático, etc. en manos de profesionales ayudan a satisfacer las necesidades alimentarias de la sociedad actual y venidera, de forma respetuosa y que no comprometa los recursos de próximas generaciones. El papel de la tecnología es fundamental para nuestro desarrollo y sin ella, no podemos desarrollarnos como sociedad.

Hasta hace poco cultivábamos sólo para sobrevivir. Ahora la comida nos tiene que resultar atractiva, vistosa, sabrosa, apetecible; queremos que nos divierta, que sea fácil de consumir, que se adapte a nuestro estilo de vida. También queremos que nos aporte unos determinados nutrientes que son buenos para esto, lo otro, o lo de más allá. Queremos que los alimentos sean funcionales, que su producción respete el medio ambiente y muchísimas más cosas. Esto hace que el productor viva sometido a una enorme presión para adaptarse a este cambio constante.

7. Las habilidades necesarias para un técnico en la horticultura actual

En estos momentos, el Técnico tiene un papel sumamente importante como organizador de un sector productivo comparable a cualquier industria. Las habilidades transversales y destrezas básicas que se le exigen a un profesional Agrónomo de la horticultura se pueden sistematizar como:

7.1. Lectura de textos

Una de las principales labores de los técnicos es leer e interpretar el material preparado por otros técnicos, compañeros de trabajo, clientes y supervisores. Por ejemplo, las instrucciones de las etiquetas de los plaguicidas, fertilizantes, fichas de seguridad de los materiales, la manipulación, la mezcla, la aplicación y los procedimientos de primeros auxilios.

Actualmente, el correo electrónico es una parte fundamental del material que debe ser leído por el técnico. Es importante este punto como registro de reuniones, acuerdos opiniones etc., sobre problemas de la horticultura.

Es frecuente que el técnico deba leer materiales promocionales como folletos, panfletos y catálogos de productos de los proveedores para entender sus ofertas y tomar decisiones de compra informadas. También es imprescindible leer los manuales de instrucciones de los equipos y suministros de jardinería y de los programas informáticos.

1. Panorama general

El cumplimiento de la normativa exige consultar los códigos de construcción, los reglamentos de zonificación, las ordenanzas y otras normativas provinciales y municipales para asegurarse de que los diseños, los procedimientos y las prácticas de paisajismo.

Por último, leer artículos de revistas científicas permite informarse directamente de los resultados de la investigación, experimentos de cultivo, control de plagas destructivas o el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

7.2. Manejo de la información contenida en los documentos

Además de la simple extracción de información, el técnico debe combinar varios documentos para obtener información.

Por ejemplo, manejar las listas de nombres y direcciones de los proveedores de productos hortícolas. La búsqueda de información relevante en etiquetas, selección de material en internet. Comprobar imágenes de diversos tipos de enfermedades para evaluar la salud y las condiciones de los árboles, arbustos, plantas y césped, leer planos de montaje para montar o reparar equipos de mantenimiento del terreno y otros. Consultar los planos de montaje de bombas de riego o aspersores. Son tareas que van más allá de la simple lectura del documento y requieren un criterio técnico necesario para seleccionar la información más útil a cada problema que se presente. La interpretación de gráficos contenidos en libros de texto, publicaciones comerciales, revistas científicas y sitios web también va más allá de la simple lectura.

7.3. Escritura de informes y documentos

Escribir observaciones, preocupaciones o sugerencias para los compañeros. Escribir correos electrónicos a compañeros de trabajo, contratistas y clientes para solicitar información, coordinar actividades o responder a consultas. (

También escribir cartas que acompañen a las licitaciones para la construcción o el mantenimiento de obras e instalaciones

Redactar informes de investigación para dar a conocer algún descubrimiento o mejora. Estos informes varían en longitud y complejidad, pero cada uno de ellos describe la naturaleza del problema, las variables investigadas para identificar las causas y el resultado de la investigación.

Puede preparar descripciones detalladas de los trabajos a realizar, como instrucciones para los empleados y especificaciones exhaustivas para los contratistas.

Deben redactar respuestas a solicitudes de trabajos y en ellas abordar los componentes clave de dichas solicitudes y transmitir conceptos hortícolas y paisajísticos complejos de manera eficaz.

Pueden escribir artículos para boletines, periódicos y revistas con el fin de informar a sus compañeros sobre temas específicos de horticultura y negocios y presentar al público las prácticas generales de la horticultura.

7.4. Economía de la producción

Esta competencia suele estar recogida en todos los planes de estudios de Agronomía, como materia básica, reconociendo así su importancia para el futuro profesional. Dentro de las labores del técnico en el plano de las transacciones económicas, está el dar el visto bueno a multitud de operaciones relacionadas con el funcionamiento de una empresa hortícola. La formación del ingeniero Agrónomo le capacita para gestionar una empresa de estas características, con un conocimiento minucioso de las operaciones necesarias para generar un determinado bien. Esto incluye, entre otras y por mencionar solo unas pocas actividades, aprobar facturas, evaluar costes de equipos y materiales, calcular los impuestos aplicables y totalizan los importes. calcular o aprobar los importes de las solicitudes de viaje. Calculan los reembolsos por el uso de vehículos personales, comparar los precios de los cultivos ornamentales, de los fertilizantes, de los plaguicidas, de los plántones, de los esquejes y de los elementos de jardinería para determinar las mejores compras. Verificar la calidad de los materiales adquiridos, control de los residuos al final de la vida útil de los productos, etc. Pero en todo momento deben estar preparados para las dificultades inesperadas. Problemas de drenaje, erosión, construcción de muros de contención, estrategias de plantación.

7.5. Comunicación oral

En numerosas ocasiones, las instrucciones deben proporcionarse directamente y hablar con los clientes y el personal de las empresas. Es preciso dar instrucciones otros empleados y discutir con ellos las tareas del trabajo.

Por ejemplo, pueden discutir el estado de los cultivos, hablar con proveedores y contratistas. Por ejemplo, pueden hablar con los contratistas para aclarar las especificaciones de la construcción de obras e instalaciones. Deben ser explícitos y precisos para evitar retrasos, sobrecostes y trabajos que no cumplan los requisitos del contrato. Como no, también deben hablar con los clientes para evaluar sus necesidades, obtener su opinión en el desarrollo de los diseños y asesorarles en el mantenimiento de las instalaciones.

Es necesario también que hablen con sus colegas en ferias y reuniones de asociaciones para discutir temas relevantes como nuevos productos y métodos, control de enfermedades, tendencias del mercado y certificación. También puede hacer presentaciones ante audiencias como clientes, miembros del consejo y compañeros. Las personas que asisten a estas presentaciones pueden no estar familiarizadas con los temas presentados y los conceptos transmitidos, por lo que a menudo es necesario adaptar el estilo y el lenguaje de la presentación para que se adapte a un público no especializado.

7.6. Habilidades intelectuales

En este apartado podemos enmarcar casi todas las competencias específicas de los planes de estudio de las carreras de Agronomía. Los factores que tienen en común todos los contenidos formativos aparecen muchas veces aclarados en los planes de estudio como competencias transversales.

Resolución de problemas

Los técnicos deben resolver problemas rápidamente y sin contar con tiempo para la reflexión. Es frecuente que los trabajos deban reprogramarse o cambiar de proveedor de forma inmediata. En otras ocasiones deben organizar a los equipos de trabajo ante imprevistos y finalmente proponer soluciones viables a problemas del día a día de las explotaciones hortícolas. En la planificación o proyecto esta habilidad es crucial para evaluar las diferentes alternativas y darles forma.

Toma de decisiones

Continuamente hay que decidir qué tareas asignar a cada empleado, teniendo en cuenta las habilidades, la experiencia, la actitud y la capacidad de cumplir los plazos de cada persona. Se escogen los árboles, arbustos y plantas que recomendarán a los clientes. Se tienen en cuenta factores como el terreno, las condiciones del suelo, la exposición al sol y las preferencias y presupuestos de los clientes.

También se debe saber recomendar y seleccionar contratistas para la construcción o el mantenimiento de jardines, parques, campos de golf y otros entornos paisajísticos. Se debe conocer el proceso de organización de la ejecución de proyectos, revisando las licitaciones para determinar si las empresas disponen del tiempo y de las competencias necesarias para redactar propuestas sólidas, ser competitivas y, finalmente, llevar a buen puerto los proyectos propuestos.

Pensamiento crítico

Los técnicos hortícolas pueden evaluar la idoneidad de los candidatos que solicitan puestos de trabajo en las empresas que dirigen. Revisan los currículos para identificar los historiales laborales y los logros educativos pertinentes, entrevistan a los posibles candidatos y analizan las cualificaciones siguiendo unas directrices predeterminadas. También pueden evaluar la calidad del trabajo realizado por los contratistas y empleados que instalan y mantienen los entornos paisajísticos. Verifican que se han realizado las tareas especificadas, que se han utilizado los materiales inorgánicos y orgánicos y los procedimientos operativos de los equipos, y que se han respetado los plazos, los planes de diseño paisajístico, los códigos y las normativas.

Evalúan la salud y las condiciones de los árboles, arbustos, plantas y césped. Podrán evaluar la eficacia de diversas técnicas y enfoques para el tratamiento de árboles, arbustos, plantas o césped dañados o enfermos. Pueden diseñar y realizar experimentos. Definen las variables a investigar, como las temperaturas exteriores, las precipitaciones, la acidez del suelo, las plagas y los tratamientos anteriores. Recogen datos sobre estas variables interrelacionadas, analizan los resultados y ofrecen opiniones y recomendaciones

Planificación y organización de las tareas del trabajo

Los técnicos y especialistas en paisajismo y horticultura trabajan en entornos dinámicos con muchas exigencias conflictivas sobre su tiempo. La planificación se complica por la necesidad de coordinar sus propias tareas con las de muchos profesionales del diseño paisajístico, la arquitectura, la ingeniería, el paisajismo, el urbanismo, el mantenimiento de terrenos, los viveros y los invernaderos. Deben ser capaces de trabajar en varios proyectos al mismo tiempo

y gestionar las prioridades. Los cambios en los diseños paisajísticos o en las condiciones meteorológicas, los retrasos en la entrega de materiales orgánicos o inorgánicos, la escasez de personal, las presiones de los supervisores o los clientes, las averías de los equipos y otras emergencias les obligan a reorganizar con frecuencia las tareas del trabajo. Planificación y organización para otros: los técnicos y especialistas superiores en paisajismo y horticultura desempeñan un papel fundamental en la organización, planificación, programación y supervisión de las actividades de los empleados y contratistas que construyen o mantienen los entornos paisajísticos.

Encontrar información

En las actividades hortícolas es preciso muchas veces la búsqueda de alguna información en bases de datos. Por ejemplo, encontrar la legislación aplicable a los proyectos, códigos de construcción, reglamentos de zonificación y las ordenanzas.

La búsqueda se puede realizar en una amplia gama de fuentes, como libros de texto, publicaciones comerciales, revistas científicas y sitios web de proveedores, para encontrar información sobre cualquier aspecto de la producción hortícola y de sus tecnologías asociadas.

7.7. Trabajo en equipo

Los técnicos de la horticultura y otros especialistas coordinan e integran las tareas del trabajo con equipos de arquitectos paisajistas, arquitectos, topógrafos, urbanistas e ingenieros estructurales, mecánicos, eléctricos y civiles. También trabajan de forma independiente para llevar a cabo investigaciones, preparar dibujos y desarrollar especificaciones, estimaciones de costes y calendarios. Coordinan y a veces integran sus actividades con otros compañeros que cultivan plantas en viveros e invernaderos o que mantienen jardines, parques, campos de golf y otros entornos paisajísticos.

7.8. Uso de ordenadores

Este aspecto, que antes resultaba una interesante habilidad, es ahora una competencia básica ya que es muy frecuente utilizar el tratamiento de textos, redactar, editar y dar formato a documentos como solicitudes, propuestas, licitaciones e informes. El uso de bases de datos alojadas en ordenadores es parte del día a día de los técnicos hortícolas.

También es frecuente recuperar información sobre los precios de los fertilizantes, los plaguicidas, aditivos, equipos de diferente índole de las bases de datos de los proveedores.

La utilización de programas informáticos de comunicación es necesaria para el desempeño de la profesión. Internet se ha constituido en una valiosa fuente de información y por ejemplo, se pueden realizar búsquedas con palabras clave para obtener información variada sobre paisajismo y horticultura en sitios web. También pueden utilizar Internet para intercambiar archivos de mayor tamaño mediante un software de protocolo de transferencia de archivos.

El uso de hojas de cálculo facilita el seguimiento de las horas trabajadas por los empleados y contratistas, cálculo de los importes de las facturas y estimación de los costes. También son útiles para organizar otros cálculos que se pueden realizar sin ellas.

Otras aplicaciones informáticas y de software son ampliamente utilizadas en este entorno. Los sistemas de posicionamiento global permiten verificar las coordenadas geográficas de puntos específicos. Los programas de edición fotográfica permiten ampliar e imprimir las fotos tomadas con cámaras digitales. También pueden utilizar software de gestión de proyectos para programar actividades y organizar la información relacionada con los recursos humanos, el uso y el mantenimiento de los equipos y los costes operativos. El Software de gráficos pueden crear presentaciones de diapositivas utilizando programas de presentación. Para desarrollar paquetes de demostración eficaces para clientes y supervisores e ilustrar conceptos de diseño paisajístico, pueden importar fotografías, escaneos, dibujos, archivos de procesamiento de textos y tablas de hojas de cálculo. Se pueden utilizar programas de diseño asistido por ordenador para el diseño paisajístico, por ejemplo

7.9. Aprendizaje a lo largo de la vida

El aprendizaje continuo es una parte integral del trabajo de los técnicos y especialistas en horticultura. Deben saber dónde obtener información, estar al tanto de los cambios en la zonificación, las ordenanzas, los reglamentos y las normas y ampliar sus conocimientos sobre árboles, arbustos, plantas, suelos, materiales inorgánicos, fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas, técnicas de tratamiento y equipos. Deben dominar las nuevas tecnologías, como el riego asistido por ordenador y las tecnologías de diseño paisajístico. En el día a día, aprenden hablando con compañeros de trabajo, colegas y proveedores, visitando ferias de jardinería y comerciales y leyendo información que se encuentra en sitios web, publicaciones comerciales, revistas, códigos de construcción, manuales de reglamentos y otros libros de texto. Se les puede exigir que establezcan sus propios planes de aprendizaje y que alcancen o superen un determinado número de unidades de formación continua para mantener su cualificación. Por lo general, obtienen dichas unidades asistiendo a charlas, cursos, conferencias, simposios, talleres o seminarios.

8. La profesión de ingeniero Agrónomo, una profesión dedicada a la horticultura

La profesión de Ingeniero Agrónomo se establece mediante el Real Decreto de 1 de septiembre de 1855 se crea, durante el reinado de Isabel II, bajo la dependencia del Ministerio de Fomento.

Inicialmente, el ejercicio de la Ingeniería Agronómica se desarrolló, básicamente, en el sector de la Administración Pública debido a la concurrencia de dos circunstancias: la creación del Cuerpo de Ingenieros Agrónomos del Estado, al que tenían acceso directo quienes obtuvieran el correspondiente título, y el establecimiento de la Escuela de Ingenieros Agrónomos como dependencia del Ministerio para la formación de los funcionarios especialistas en la materia.

En 1866 se reforma la enseñanza agrícola, que se divide en tres variedades: superior, profesional y elemental, y que da lugar, respectivamente, a los títulos de ingenieros agrónomos, peritos y capataces agrícolas.

Doce años y cuatro meses estuvo en servicio la Escuela Central de Agricultura La Flamenca, pues el 3 de noviembre de 1868 se decreta su cierre y seguidamente su traslado a Madrid, por decreto de 28 de enero de 1869, asignándole la finca denominada La Florida o La Moncloa, perteneciente al patrimonio de la Corona.

El centro pasó entonces a denominarse Escuela General de Agricultura. El 9 de diciembre de 1877 se aprueba el reglamento y el funcionamiento de esta escuela que, desde este momento y a lo largo de los años, va cambiando de nombre. Este Reglamento Orgánico del Cuerpo de Ingenieros Agrónomos, establece las atribuciones profesionales del Ingeniero Agrónomo como Cuerpo de funcionarios a los que regula.

En 1876 se implanta un sistema de ingreso que exigía, después de cursar numerosas asignaturas de las distintas secciones de la Facultad de Ciencias, superar un examen complementario. A partir de entonces se pasa a denominar Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Ese mismo año se establecen también las condiciones para el ingreso en la Escuela de Peritos Agrícolas. Tres años después se publica el primer reglamento del cuerpo de ingenieros agrónomos.

En 1996 se reducen los años de estudio a cinco y las especialidades se transforman en orientaciones, entre las que se incluye una sobre medio ambiente.

En la actualidad, la Ingeniería Agronómica, que cuenta con más de 15.000 titulados, continúa siendo una profesión con una concepción global, donde la formación en construcción, hidráulica, edafología, fitotecnia, zootecnia, economía, etc., garantiza la necesaria flexibilidad requerida por las empresas agrarias y agroalimentarias.

Como hemos visto, el Ingeniero Agrónomo es un Profesional con conocimientos y habilidades especialmente preparado para la producción de hortalizas, frutales, ornamentales, plantas medicinales y especias. A lo largo de la historia ha participado en el avance de la tecnología hortícola y como muestra podíamos considerar algunas figuras que catalizaron el desarrollo de la horticultura de Almería, zona de gran importancia en el mundo de la horticultura actual.

Como primer ejemplo nombraremos a D. Manuel Mendizábal Villalba, cursó los estudios de Ingeniería agronómica en la Escuela de Madrid, graduándose en 1932. En 1934 fue destinado a la Estación de Fitopatología de Almería, provincia en la que desarrolló una larga y fructífera carrera profesional. En 1954 fue nombrado responsable de la Jefatura agronómica provincial, cargo que ostentó hasta 1971. Publicó numerosos trabajos sobre las principales plagas, y tratamientos, que afectaban a la agricultura almeriense. Llevó a cabo una importante labor, junto a Bernabé Aguilar y Leandro Pérez de los Cobos, en la difusión de las técnicas de enarenado y cultivos de invernadero en los nuevos poblados de colonización. Su producción escrita versa fundamentalmente sobre fitopatología y entomología agrícola.

D. Leandro Pérez De Los Cobos Y Llamas, cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo en Madrid. En 1942 fue destinado al Instituto de Colonización en Almería. Al frente del INC y posteriormente IRYDA, con un gran equipo de Ingenieros y Peritos, planificó y ejecutó las obras de colonización en toda la provincia que sentaron las bases del espectacular desarrollo de la agricultura en la provincia. Este ingeniero decidió aplicar la técnica tradicional del enarenado de un forma sistemática y efectiva. En 1964 obtuvo el grado de Doctor por la Universidad de Madrid y, en 1970, se le concedió la Encomienda de Número de la Orden del Mérito Agrícola.

D. Bernabé Aguilar Luque, estudió la carrera de Ingeniero Agrónomo en Madrid, obteniendo el título en 1955 y posteriormente el de Doctor. Su primer destino fue la Delegación Provincial del Instituto Nacional de Colonización de Almería, donde se incorporó en marzo de 1956. En esta Delegación, bajo la dirección de Leandro Pérez de Cobos, se le encargó la explotación de las

zonas de “interés nacional” de la provincia: Campo de Dalías; Campo de Níjar; El Saltador, de Huerca-Overa y el Higuera, de Tíjola. Aquí vivió y desarrolló toda su actividad profesional hasta su jubilación. En Almería, junto con Pérez de Cobos y Juan Cuadrado Martínez, desarrolló una solución para hacer rentables terrenos hasta entonces improductivos, a través de los cultivos en arena. Bernabé Aguilar sería el inventor del invernadero tipo “Almería” ya que fue suya la idea de cubrir con plástico un pequeño huerto de quinientos metros cuadrados en las cercanías de Roquetas de Mar, el primer invernadero de Almería según los investigadores. Los resultados fueron tan esperanzadores que rápidamente estos ensayos se extendieron por todo el poniente almeriense. En 1977 fue nombrado jefe provincial del IRYDA, donde continuó con su labor de promoción de la nueva agricultura. Su obra escrita trata sobre técnicas de cultivo hortícola en enarenado y los fundamentos del invernadero tipo Almería.

D. Juan Cuadrado Martínez, Doctor, ingeniero agrónomo, jefe provincial del INC y presidente de la Diputación Provincial. En 1948 se graduó como Ingeniero Agrónomo, siendo el número uno de su promoción. En 1951 logró el grado de Doctor por la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad de Madrid. Sus actividades de carácter profesional cubrieron un amplio espectro de trabajos relacionados con la prospección, captación, distribución y gestión de los acuíferos de la provincia de Almería. Esta labor fue fundamental para la posterior colonización de estas zonas. Asimismo, su trabajo fue determinante en la ordenación del suelo, parcelación y construcción de poblados para los colonos en localidades que actualmente corresponden a las poblaciones de Níjar, El Saltador (Huerca-Overa), El Ejido, Santa María del Águila. Su gran labor se completó con la supervisión directa de los auxilios económicos a los agricultores, consistentes en la concesión de préstamos a bajo interés y la donación de subvenciones a fondo perdido. Como miembro del Consorcio para la Enseñanza de Estudios Universitarios de Almería, su actuación fue determinante en la adquisición de terrenos y construcción del Colegio Universitario de Almería, hoy día Universidad de Almería.

9. La formación del Ingeniero Agrónomo

La estructura de la formación de un Ingeniero Agrónomo en el actual marco legal es cíclica. Consta de un primer ciclo de cuatro cursos, denominado Grado y un segundo ciclo de 1 o 2 cursos según las diferentes universidades, denominado Master. En el caso de la formación agronómica el grado puede recibir diferentes nombres, aunque el más extendido es “Grado en Ingeniería Agrícola”. El grado puede ser habilitante si incluye los contenidos especificados en la Orden CIN/323/2009 y en ese caso el graduado puede ejercer la profesión de Ingeniero Técnico Agrícola. En caso contrario se tratará de un graduado, pero no puede ejercer dicha profesión. Para ser Ingeniero Agrónomo se debe cursar además un master habilitante (que incluya los contenidos especificados en la Orden CIN/325/2009). Para equilibrar el acceso desde los diferentes grados las universidades pueden exigir diferentes complementos de formación para el acceso. Un esquema de esta estructura se muestra en la Figura 4.

Como se muestra, se mantienen las profesiones que se crearon en 1866 y se establece una vía para que los profesionales que no precisen la formación completa accedan al mercado laboral y posteriormente, puedan completarla atendiendo así al espíritu del Plan Bolonia que instaba a seguir formándose a lo largo de la vida.

Estudios de INGENIERÍA AGRONÓMICA

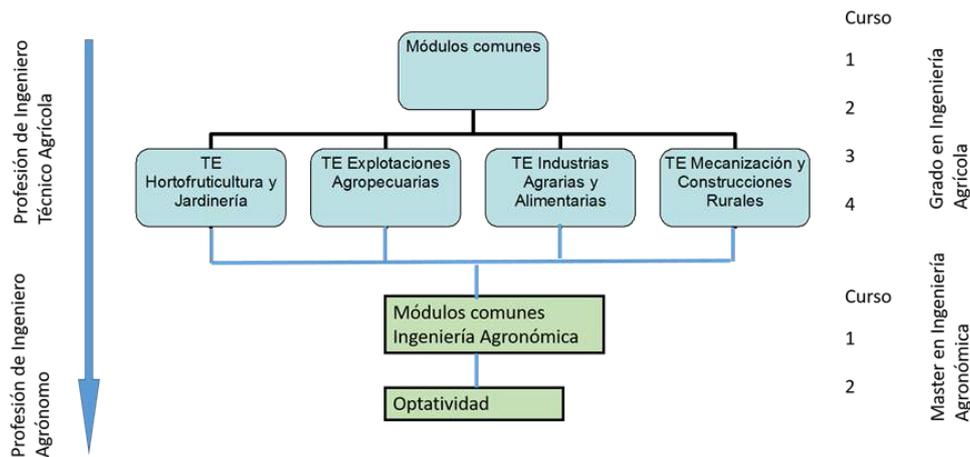


Figura 4. Estructura de la formación de un Ingeniero Agrónomo en el actual marco legal

Como se ha comentado, en 1855 se creó una Escuela de Ingenieros Agrónomos como complemento imprescindible para la profesión del mismo nombre. En la actualidad se han ido creando diferentes centros repartidos por todo el Territorio Nacional. Para el Grado, hay 32 de los cuales 28 son Universidades públicas, 2 Universidades privadas y 2 Centros adscritos. Para estudiar el master en Ingeniería Agronómica se cuenta con 16 Universidades, una de ellas privada. La distribución en España, de las escuelas que imparten al menos uno de los diferentes Grados y Master habilitante se muestra en la Figura 5.

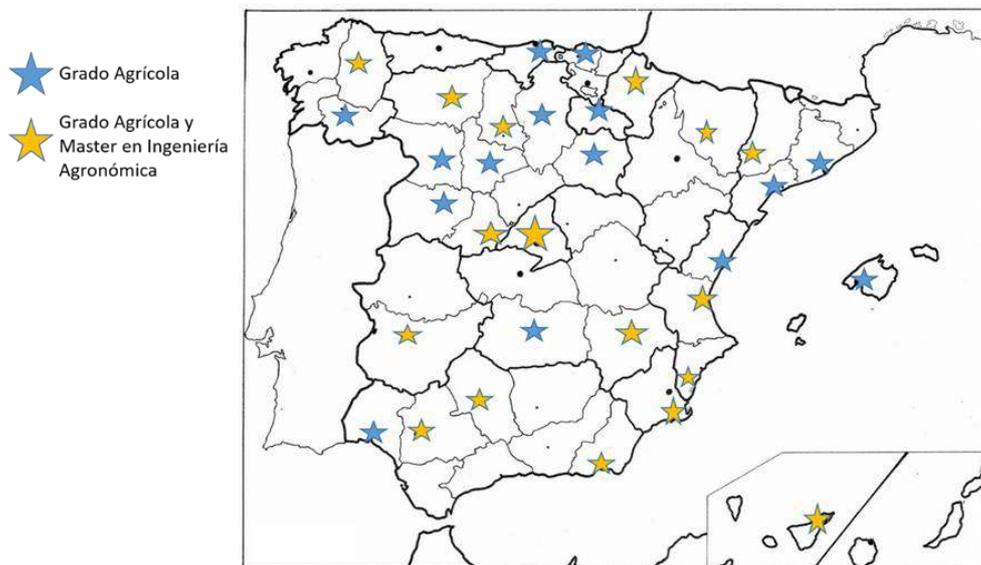


Figura 5. Posición de las Escuelas que imparten estudios de Agronomía. Azul; Grado Agrícola, Naranja; Grado y Master

Se puede observar en el mapa que casi todas las zonas de actividad agraria cuentan con una Escuela cerca. Por otro lado, la tendencia natural de estos centros es hacia la especialización por el entorno cercano permitiéndose así interesantes sinergias con el entorno económico de cada Centro formativo. Es fácil para el estudiante identificar las escuelas que mejor le van a formar en las técnicas que más le interesen y se viene observando cierta movilidad de los estudiantes en busca de determinada formación muy concreta.

10. Conclusiones

A lo largo de este trabajo, hemos ido viendo que el avance tecnológico en la horticultura se ha ido realizando por personas, en su mayoría anónimas ya partir de cierto momento, por profesionales, en su mayoría científicos y técnicos que han hecho de esta materia una actividad con un alto grado de complejidad.

El papel de los profesionales en la horticultura actual sigue siendo fundamental para afianzar lo ya logrado y para seguir mejorando y descubriendo esta apasionante ocupación. Para ello, los profesionales deben perfeccionar habilidades que si bien son generales en el mundo de la horticultura se exigen en un grado máximo.

La profesión de ingeniero Agrónomo es de las que reúnen los requisitos necesarios para el cumplimiento de todos estos objetivos y desde su creación ha tomado parte activa en el desarrollo de la ciencia hortícola, como avalan numerosos casos de éxito. Es tarea de todos los profesionales seguir siendo parte activa de este desarrollo.

Bibliografía y referencias

- Adams, P. (1992, March). Crop nutrition in hydroponics. In Symposium on Soil and Soilless Media under Protected Cultivation in Mild Winter Climates 323 (pp. 289-306).
- Archer, J. (1985). Crop nutrition and fertiliser use. Farming Press.
- Arya, M., Shergill, I. S., Williamson, M., Gommersall, L., Arya, N., & Patel, H. R. (2005). Basic principles of real-time quantitative PCR. Expert review of molecular diagnostics, 5(2), 209-219.
- Bakers, M. (2000). Agricultura en la Edad Media (Vol. 2). Cambridge Stanford Books.
- Bolhar-Nordenkamp, H. R., Long, S. P., Baker, N. R., Oquist, G., Schreiber, U. L. E. G., & Lechner, E. G. (1989). Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. Functional Ecology, 497-514.
- Bonavia, D. (1993). La papa: apuntes sobre sus orígenes y su domesticación. Journal de la Société des Américanistes, 173-187.
- Both, A. J. (2012). Horticultural Engineering. 2001-05-16) [2010-09-26]. <http://Aesop.rutger.edu/horteng>.
- Cedeño, M. D. M. (2015). De la agricultura arcaica al agronegocio y los modelos asociativos. Su impacto social. Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 4(2), 137-145.
- Chomicki, G., Schaefer, H., & Renner, S. S. (2020). Origin and domestication of Cucurbitaceae crops: Insights from phylogenies, genomics and archaeology. New Phytologist, 226(5), 1240-1255.
- Clément-Mullet, J. J. (1866). Le livre de l'agriculture d'Ibn-al-Awam (kitab-al-felahah). (Vol. 2). A. Franck.

- Cohen, M. N. (2009). Introduction: rethinking the origins of agriculture. *Current Anthropology*, 50(5), 591-595.
- Comisión Permanente de la Conmemoración del Centenario Agronómico (1957) *Bibliografía agronómica española, 1855-1955*, Madrid
- Comisión Permanente de la Conmemoración del Centenario Agronómico (1961) *Cien promociones de Ingenieros Agrónomos 1861-1960*, Madrid.
- Crassweller, R. M., Travis, J. W., Heinemann, P. H., & Rajotte, E. G. (1993). The future use and development of expert system technology in horticulture. *HortTechnology*, 3(2), 203-205.
- Crozier, R. D. (1997). *El salitre hasta la guerra del Pacífico: una revisión*.
- Cubero, J. I. (2018). *Historia general de la agricultura*. Córdoba: Guadalquivir.
- Das, B., Ahmed, N., & Singh, P. (2011). Prunus diversity-early and present development: a review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 3(14), 721-734.
- Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, 2020. <https://dle.rae.es/diccionario> Acceso julio 2021
- Eguiarte, L. E., Hernández-Rosales, H. S., Barrera-Redondo, J., Castellanos-Morales, G., Paredes-Torres, L. M., Sánchez-de la Vega, G., y Lira, R. (2018). Domesticación, diversidad y recursos genéticos y genómicos de México: El caso de las calabazas. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21.
- El Centenario de las Carreras de Ingeniero Agrónomo y Perito Agrícola y de la Escuela Central de Agricultura, (1955) <https://ingenieroarrue.wordpress.com/2021/01/20/el-centenario-de-las-carreras-de-ingeniero-agronomo-y-perito-agricola/> Acceso julio 2021
- Emmert, E. M. (1957). Black polyethylene for mulching vegetables. In *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci* (Vol. 69, pp. 464-469).
- Endl, J., Achigan-Dako, E. G., Pandey, A. K., Monforte, A. J., Pico, B., & Schaefer, H. (2018). Repeated domestication of melon (*Cucumis melo*) in Africa and Asia and a new close relative from India. *American Journal of Botany*, 105(10), 1662-1671.
- Failla, S., Pirchio, M., Sportelli, M., Frascioni, C., Fontanelli, M., Raffaelli, M., & Peruzzi, A. (2021). Evolution of Smart Strategies and Machines Used for Conservative Management of Herbaceous and Horticultural Crops in the Mediterranean Basin: A Review. *Agronomy*, 11(1), 106.
- Florencio Puntas A., (2005) *La Ingeniería Agronómica en Andalucía. Formación y trayectorias profesionales*, Sevilla, Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Andalucía.
- Frison, E. A., Smith, I. F., Johns, T., Cherfas, J., & Eyzaguirre, P. B. (2006). Agricultural biodiversity, nutrition, and health: making a difference to hunger and nutrition in the developing world. *Food and nutrition bulletin*, 27(2), 167-179.

1. Panorama general

- Gabelman, W. J. (1989). Introduction to HA Jones and AE Clarke 1942. Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed. In Proc. Amer. Soc. Hort. Sci (Vol. 4, pp. 189-194).
- Gebhardt, C. (2016). The historical role of species from the Solanaceae plant family in genetic research. *Theoretical and Applied Genetics*, 129(12), 2281-2294. *Molecular phylogenetics and evolution*, 63(3), 685-701.
- Goldberg, D., Gornat, B., Shmueli, M., Ben-Asher, I., & Rinot, M. (1971). INCREASING THE AGRICULTURAL USE OF SALINE WATER BY MEANS OF TRICKLE IRRIGATION 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 7(4), 802-809.
- Henry, C. (2020). Drip irrigation: Daniel Hillels legacy. In *Standing up for a Sustainable World*. Edward Elgar Publishing.
- Holsters, M., De Waele, D., Depicker, A., Messens, E., Van Montagu, M., & Schell, J. (1978). Transfection and transformation of *Agrobacterium tumefaciens*. *Molecular and General Genetics MGG*, 163(2), 181-187.
- Janick, J. (2006, August). The origins of horticultural technology and science. In XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: Global Horticulture: Diversity and Harmony, an Introduction to IHC2006 759 (pp. 41-60).
- Janick, J. (2008). History of agricultural and horticultural technology in Asia. online] http://www.hort.purdue.edu/newcrop/hort_306/text/lec12.pdf [Consult: 20-08-2014].
- Jenkins, J. A. (1948). The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*, 2(4), 379-392.
- Jensen, P. B. (1938). Growth regulators in the higher plants. *Annual Review of Biochemistry*, 7(1), 513-528.
- Kennedy, J. C. (1864). *Agriculture of the United States in 1860*.
- Koeh, R., & Langat, P. (2018). Improving irrigation water use efficiency: A review of advances, challenges and opportunities in the Australian context. *Water*, 10(12), 1771.
- Kolmans, E., & Vásquez, D. (1996). *Manual de agricultura ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. MAELA-SIMAS. Nicaragua, 59-222.
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Ruiz, J. D. J. L., d'Eeckenbrugge, G. C., & Gepts, P. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6165-6170.
- Leguizamón, E. S. (2018). *Historia de la Horticultura*. Ediciones INTA, Buenos Aires, 46.
- Looney, N. E. (1997). Hormones and horticulture. *HortScience*, 32(6), 1014-1018.
- López Fernández, A. (2013). Hechos ecológicos que condicionaron el inicio de las civilizaciones.
- Mangas Martín, V. J., Martínez Núñez, P., & Oltra Cámara, M. A. (2004). La educación científica: los experimentos de Van Helmont y Priestley.

- Manzano-Agugliaro, F., Salmerón-Manzano, E., & Perea-Moreno, A. J. (2016). Las competencias transversales de las universidades del campus de excelencia agroalimentario (CEI-A3).
- Marth, P. C., & Mitchell, J. W. (1944). 2, 4-Dichlorophenoxyacetic acid as a differential herbicide. *Botanical Gazette*, 106(2), 224-232.
- Martínez, O., & De Ron, A. M. (2002). Agronomía y mejora genética del guisante de vaina comestible. *Vida Rural*, 151, 44-48.
- McHargue, J. S. (1926). Manganese and plant growth. *Industrial & Engineering Chemistry*, 18(2), 172-175.
- Meyer, R. S., Karol, K. G., Little, D. P., Nee, M. H., & Litt, A. (2012). Phylogeographic relationships among Asian eggplants and new perspectives on eggplant domestication.
- Miller, W. B., & Langhans, R. W. (1989). Carbohydrate changes of Easter lilies during growth in normal and reduced irradiance environments. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*.
- Ministerio de Ciencia e Innovación (2009) Orden CIN/323/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Agrícola. <https://www.boe.es/eli/es/o/2009/02/09/cin323>
- Ministerio de Ciencia e Innovación (2009) Orden CIN/325/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Agrónomo. <https://www.boe.es/eli/es/o/2009/02/09/cin325>
- Morel, G. M. (1960). Producing virus-free Cymbidium. *American Orchid Society Bulletin*.
- Plan de estudios de Ingeniería Agronómica UAL (2014) <https://www.ual.es/application/files/3915/8203/5209/memoria-of-master-7074.pdf>
Acceso julio 2021
- Rasmussen, W. D. (1982). The mechanization of agriculture. *Scientific American*, 247(3), 76-89.
- Relf, D. (1992). *The role of horticulture in human well being*. Portland, OR: Timber Press.
- Rojas-Sola, J. I., & Amezcua-Ogáyar, J. M. (2005). Origen y expansión de los molinos de viento en España. *Interciencia*, 30(6), 7-14.
- Sarig, Y. (1993). Robotics of fruit harvesting: A state-of-the-art review. *Journal of agricultural engineering research*, 54(4), 265-280.
- Soisson, H. E. (1975). *Instrumentation in industry*. John Wiley & Sons, Inc..
- Solbrig, O. T. (2004). Ventajas y desventajas de la agrobiotecnología. En: *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto-LC/G. 2227-P-2004-p. 33-69*.
- Tiefenthaler, A. E., Goldman, I. L., & Tracy, W. F. (2003). Vegetable and corn yields in the United States, 1900-present. *HortScience*, 38(6), 1080-1082.

1. Panorama general

- Tinajero, D. V. (1879). Los doce libros de agricultura de Lucio Junio Moderato Columela (Vol. 1). Imp. de Miguel Ginestra.
- Tratado de Roma (1957), <https://www.europarl.europa.eu/about-parliament/es/in-the-past/the-parliament-and-the-treaties/treaty-of-rome> Acceso julio 2021
- Van den Berg, H. (2009). Global status of DDT and its alternatives for use in vector control to prevent disease. *Environmental health perspectives*, 117(11), 1656-1663.
- Van den Muijzenberg, E. W. (1980). A history of greenhouses. A history of greenhouses.
- Vet, L. E., Van Lenteren, J. C., & Woets, J. (1980). The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) IX. A review of the biological control of the greenhouse whitefly with suggestions for future research. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 90(1-5), 26-51.
- Vitzthum, F., Behrens, F., Anderson, N. L., & Shaw, J. H. (2005). Proteomics: from basic research to diagnostic application. A review of requirements & needs. *Journal of proteome research*, 4(4), 1086-1097.
- Von Baeyer, E. (2010). The development and history of horticulture. Eolss Publishers.
- Warren, G. F. (1998). Spectacular increases in crop yields in the United States in the twentieth century. *Weed Technology*, 12(4), 752-760.
- Warwick, S. I., & Stewart, C. N. (2005). Crops come from wild plants: how domestication, transgenes, and linkage together shape ferality. *Crop ferality and volunteerism*, 36(1), 9-30.
- Watson, A. M. (1974). The Arab agricultural revolution and its diffusion, 700–1100. *The Journal of Economic History*, 34(1), 8-35.
- White, R. H. (1967). The education of ornamental horticulture technicians in Ohio. The Ohio State University.
- Wilcox-Lee, D. (1989). Introduction to "LH Bailey. 1891. Some preliminary studies on the influence of the electric arc lamp upon greenhouse plants. *Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bul*, 30, 114-140.

1.18. La comunicación en horticultura

Alicia Namesny

info@poscosecha.com

SPE3, S.L.

Índice

1. Introducción
2. Ferias
3. Revistas y libros
4. Online

Resumen

Libros, revistas, boletines, ... entre los medios en papel; ferias, congresos, seminarios, entre los medios presenciales; y portales, y webinars son el soporte para hacer llegar la información de investigadores públicos y privados a los usuarios, así como para poder compartir la experiencia de producción de diferentes zonas, sobre diferentes especies, etc.

El texto se centra en el papel de ferias, revistas e Internet en la difusión del conocimiento sobre tecnologías de producción para frutas, hortalizas y ornamentales y sobre los respectivos negocios por parte de las empresas productoras y la distribución.

El soporte papel ha experimentado un desplazamiento hacia las opciones online, permitiendo una inmediatez y alcances imposibles antes, sin que esto signifique la desaparición del soporte tradicional, para el cual existe aún una masa importante de lectores que lo aprecian.

Las ferias, el principal punto de encuentro físico profesional comercial, y congresos, seminarios, etc., el paralelo académico, son el medio preferido, por lo que implica el contacto personal directo. Algo que ha puesto de relieve la pandemia de Covid-19 y cuya realización aún está condicionada por ella. Se han buscado paliativos virtuales a la espera de poder volver a las formas habituales apreciadas por productores, suministradores y compradores.

1. Introducción

En la transmisión de las novedades que forman la base de la evolución de la producción de frutas, hortalizas, ornamentales, han jugado un papel relevante una serie de medios como han sido los de soporte papel (libro, revistas, boletines, diarios, ...); los que permiten el contacto personal, caso de las ferias, jornadas, seminarios, congresos, ... y, desde hace un cuarto de siglo

1. Panorama general

aproximadamente, también Internet, un tipo de medio con características propias que en algunos sentidos reproduce los formatos de la información en soporte papel y en otros se acerca más a la inmediatez del contacto personal.

Con excepción de la mención previa, la enumeración que sigue deja de lado, sin que ello signifique minusvaloración, el papel de libros, boletines, diarios, jornadas y otros tipos de encuentros, a excepción de las ferias. El papel de las instituciones públicas como difusoras de información, especialmente de la generada a través de sus investigaciones, se plasmó durante mucho tiempo en boletines, de una influencia innegable en la comunicación de conocimientos.

2. Ferias

Una serie de ferias han jalonado el panorama de los encuentros hortícolas desde los años 80.

Iberflora, creada en 1972, nació, como su nombre trasluce, para mostrar la importante oferta viverística y ornamental de Valencia. Sus promotores fueron la Asociación de Productores de Flor y Planta de esta provincia y se realiza en el marco de Feria de Valencia, en octubre. Acoge a productores de planta ornamental y las empresas de suministro. Se define como “Feria internacional de planta y flor, paisajismo, tecnología y bricojardín”. Actualmente, entre las ferias que se realizan en España con relevancia nacional e internacional, es la decana. Su edición 2022 será la número 51.

Durante años coexistió con la feria Euroagro (1984-2009; a partir de 2007, Euroagro Fruits), abierta a los productores de frutas y hortalizas. Fue referente para las empresas de suministro para el sector de la citricultura, con intentos de integrar al sector viníviticola. Tuvo lugar junto con Iberflora y también por separado en alguna edición. La Exposición “Variedades y Marcas” y a continuación el SIAF, Salón Interprofesional de la Alimentación en Fresco, una iniciativa de Ediciones de Horticultura (1983 – 2010) se realizó durante dos años en el marco de Euroagro (1998-2000). Los expositores eran productores de frutas y hortalizas de toda España, y el objetivo del encuentro fue crear en el principal país exportador de Europa y del mundo para muchas especies, un punto de encuentro internacional. La idea fue recogida por Fepex quien la plasmó, al cabo de los años, en la feria Fruit Attraction.

También fue una convocatoria conjunta Iberflora / Ediciones de Horticultura la realización del Primer (y sucesivos) Congresos de Paisajismo, que andando los años dio lugar a la incorporación de ese tema al enunciado de Iberflora.

Fruit Attraction, desde su primera edición en 2009 se ha consolidado como la feria de los productores de frutas y hortalizas del sur de Europa, acompañada de Macfrut, en Italia, y con el contrapunto de Fruit Logistica, en Berlin. Todas son ferias inspiradas en la organizada por Produce Marketing Association de USA, la “PMA”, adaptadas a Europa, en que el peso de la parte formativa es menor (aunque creciente) y coincidente con los horarios de exposición, lo que sesga la participación. Con la desaparición de Euroagro y de la Expo Agro Almería, la Fruit Attraction acoge también a las empresas de suministros.

En estos aproximadamente 50 años que van desde 1980, las ferias fueron incluyendo en su concepción las actividades paralelas como jornadas, “congresos”, seminarios, etc., buscando

enriquecer su oferta para atraer a un público más amplio, hasta llegar en la actualidad con otros formatos de encuentros en los que el conocimiento es el argumento principal para escenificar la coopectencia de tecnología y negocios, en modelos de “ferias y congresos” como Food4Future, organizada por Azti y feria de Bilbao.

Las jornadas o congresos, en un uso diferente de este último término al que se da en el ámbito académico, se han consolidado. Las empresas suministradoras participan en eventos de este tipo a cambio de patrocinios que suelen incluir espacios expositivos, estos “acompañamientos” se adoptan incluso en los simposios y congresos de la ISHS, International Society for Horticultural Science.

El sector hortícola tuvo en Almería durante varios años y de forma intermitente su feria, Expoagro Almería, iniciada en 1980, y después celebrada en el palacio de congresos de Aguadulce, Roquetas de Mar en las últimas ediciones. Algo posterior es la feria que se realiza en la localidad de Níjar, también en Almería, que capitalizó las intermitencias de la feria anterior. En ambos casos los expositores predominantes son empresas de suministro, con presencia de las instituciones y agrupaciones de productores principales de la zona.

A las ferias transversales de la agroalimentación española se suman las temáticas. FIMA, Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola, organizada por Feria de Zaragoza, celebra en 2022 su edición número 42. Smagua, Salón Internacional del Agua y del Riego, también organizada por Feria de Zaragoza, celebró en 2021 su edición número 25.

En la geografía española, Agroexpo nos lleva a Extremadura, zona relativamente nueva si se la compara con las tradicionales en Aragón, Zaragoza, Lérida y Gerona, de fruta dulce (cereza y ciruela como principales) y de forma creciente, viticultura, y cultivos tradicionales que se han ido valorizando como nueces e higos. Organizada por FEVAL, la Institución Ferial de Extremadura, en enero 2022 convoca su edición número 34. Al igual que en las ferias de Almería, las empresas de suministros son los principales expositores, con una cabida mayor, que sigue los cultivos de la zona, a las producciones extensivas, tanto anuales como frutales.

Una Feria local histórica es la Fira de Sant Miquel en Lleida con su exposición de maquinaria agrícola y la exposición Eurofruit de fruta dulce entregan desde hace 50 años el Premio del Libro Agrario, durante este tiempo es uno de los galardones más preciados por los agrónomos escritores.

La pandemia del Covid-19 tuvo su influencia también en las ferias, que no pudieron celebrarse físicamente en muchos casos, adaptándose diversas soluciones, desde su postergación a paliativos virtuales.

3. Revistas y libros

La información escrita ha ido cambiando de soporte a lo largo de su existencia y la última “vuelta de tuerca” ha sido la irrupción de Internet. Hasta 1994 las revistas eran exclusivamente en papel, que, si bien es perecedero, para el papel de periódico se calcula en unos 70 años²⁷, su caducidad

²⁷ En su columna “Sobre la caducidad de los soportes”, recogida en “De la estupidez a la locura – Crónica del futuro que nos espera”, Umberto Eco, menciona los soportes que ha tenido la escritura, la estela

1. Panorama general

ha aumentado con la aparición de Internet. Umberto Eco resume el tema diciendo que “los soportes modernos parecen apuntar más a la difusión de la información que a la conservación”.

A partir de Internet, más pronto o más tarde, las revistas en papel han incorporado su paralelo virtual. También lo ha habido a la inversa, algo que se comenta en el apartado dedicado a los medios online.

El semanario Valencia Fruit y la revista Agricultura pueden considerarse las señeras del papel impreso; la primera con un enfoque citrícola y cultivos relevantes en la Comunidad Valenciana y una sección por la que fue y es famosa, las cotizaciones de mercados. Agricultura, su nombre deja entrever, se ocupa más de los cultivos extensivos anuales, pero no exclusivamente y hay temas que son de interés transversal como suelo, maquinaria, etc.

Ediciones LAV tiene como buques insignia a dos revistas también señeras, Levante Agrícola, con temática citrícola, y Agrícola Vergel, hortícola predominantemente. Su contenido principal son investigaciones realizadas por centros de investigación, locales predominantemente en el caso de estas revistas, pero una trayectoria que a lo largo de los años han seguido las revistas Fruticultura y su sucesora, Revista Fruticultura, esta última de la editorial Quatrebcn.

En 1982 aparece la revista Horticultura, que crea, inspirada en revistas francesas (PHM revue horticole, pépinière, horticulteur et maraîcher) en especial, la que actualmente se llama Reussir Fruits & Legumes, un tipo de información diferente, la información técnica explicada. Sin dejar de lado artículos de investigación como los ya mencionados de otros medios, su especialidad ha sido la divulgación aplicada de información técnica. En 1992 se crea Horticultura Internacional, en paralelo a la anterior, en un momento en que las empresas de suministro de España estaban internacionalizándose

La primera participación de expositores españoles en la feria holandesa NTV, en Amsterdam, actualmente HortiTech, se produjo en 1993 de la mano de Agroconsorcio AIE, una agrupación de interés económico apoyada por el ICEX, el Instituto Español de Comercio Exterior, para difundir la tecnología hortícola española, con cierto paralelismo, excepto el tratarse de una iniciativa privada, con Agragex, el consorcio situado en el País Vasco y de carácter nacional, aún existente y cuyo gerente, Jaime Hernani, explica su trayectoria en uno de los capítulos de este libro).

La revista Horticultura se vendió en 2010 a la editorial multitemática Interempresas, que sigue editandola mensualmente.

La ya mencionada Fruticultura tuvo un nacimiento próximo a la revista Horticultura. Su malogrado fundador, Daniel Aradas, fue el autor de un número especial de esta última de las revistas dedicado al tomate. De hecho, sus carátulas, durante muchos años tuvieron una semejanza voluntaria, ante la posibilidad de una eventual trayectoria conjunta, lo que comercialmente nunca llegó a ocurrir, si bien en el terreno de las relaciones personales, la hubo

egipcia, la tablilla de arcilla, el papiro, el pergamino y el libro impreso. Sobre este último dice que “ha demostrado hasta ahora que sobrevive bien quinientos años, pero solo si se trata de libros hechos con papel de trapo. A partir de mediados del siglo XIX se pasó al papel de madera, y parece ser que este tiene una vida máxima de setenta años”. El conocido autor sigue comenta una experiencia que es posible muchos compartan, que “basta consultar periódicos o libros de los años cuarenta para apreciar que muchos de ellos se deshacen en cuanto se los hojea”.

tanto en su etapa inicial y la hay en la actual. La periodicidad de Revista Fruticultura es bimensual y la editorial tiene también una revista dedicada a la Enoviticultura.

Con el devenir de los años se crearon otros medios que fueron bien implantaciones de revistas extranjeras en España, caso de Eurofresh, o iniciativas de emprendedores que habían ejercido funciones periodísticas en otros medios como FruitToday, o revistas de una entidad privada que supieron traspasar el ámbito local, caso de la revista Mercados, nacida en MercaSevilla. El estilo es paralelo al de la inglesa Eurofruit, con énfasis en los protagonistas de las empresas comercializadoras de frutas y hortalizas.

El negocio hortofrutícola también es objetivo para otros medios como Agronegocios, dedicado en exclusiva a él, o en el caso de Interempresas o Infoedita, con este sector como uno de los múltiples para los que tienen publicaciones específicas.

Medios como la revista de AECOC, la Asociación Española de Codificación, Alimarket o InfoRetail, tienen a la distribución como objetivo y los productos vegetales frescos perecederos son parte de su información.

También tienen un objetivo específico revistas como la Guía Verde, dedicada al sector ornamental, y Transporte XXI, que informa sobre logística.

El modelo de negocio de las revistas profesionales en todos los casos, cualquiera sea el soporte, ha sido inicialmente suscripciones y anunciantes y, con una disminución o desaparición de los primeros en la etapa online, de la que se trata en el siguiente apartado, en la mayoría de los casos.

En el apartado libros merece una mención especial Mundiprensa, “la editorial” de los libros agrícolas en España y con una trayectoria próxima a administraciones públicas agroalimentarias. Entre las profesiones de la producción y comercio de frutas y hortalizas la referencia de los últimos 40 años es el libro Horticultura, herbácea especial (1982) del doctor y profesor de la UPV, Vicente Maroto.

La mayoría de las empresas editoras de revistas mencionadas (y otras no mencionadas), incursionaron también en la publicación de libros o especiales que, sin llamarlos así, casi lo son. Entre todas se ha creado un rico acervo de conocimiento temático. En el caso de Ediciones de Horticultura lo fue a través de su colección Compendios y otros libros fuera de la colección, pero referentes como fue el de Cultivo industrial de Plantas en Maceta. Quatrebcn publica anualmente un número especial que bien podría denominarse libro.

La revista Phytoma, especializada en plagas y enfermedades, inspirada inicialmente también en una revista gala, mantiene esta temática también en sus publicaciones y webinars. Cuenta con un importante fondo editorial de libros dedicados a sanidad; uno de los últimos es “Alteraciones de los frutos cítricos en el campo”, a cargo de tres reconocidos investigadores valencianos, Agustí, Manuel, Eduardo Primo Millo+, y Salvador Zaragoza. Los dos primeros, autores en este libro de “La investigación agraria: el modelo mediterráneo en citricultura”.

Una zona de la importancia hortícola que tiene Almería cuenta con revistas dedicadas a informar a sus cultivadores; es el caso de FyH o la revista de la asociación Coexphal, “Almería en Verde”,

1. Panorama general

o ya en Huelva, el extremo oriental de Andalucía, líder de la producción de fresa y otros berries, la Asociación Onubense de Productores y Exportadores de Fresa publica la revista de Freshuelva.

Hay organizaciones relevantes para la comunicación entre las profesiones relacionadas con la Horticultura. Desde 1982, los congresos y simposios de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, la SECH, que colabora con su homónima portuguesa, APH, la Asociación Portuguesa de Horticultura, y la ISHS, International Society for Horticultural Sciences. Por otro lado, la Fundación Cajamar desde los inicios de la Finca Experimental Las Palmerillas, (1975) ha publicado multitud de [documentos temáticos](#) ahora reunidos en su plataforma Tierra, y lleva organizando webinars, un tema que se comenta en el siguiente apartado, desde antes de la proliferación inducida por el Covid.

Entre las publicaciones de Cajamar destacan sus análisis de las campañas hortofrutícolas publicados, año tras año, y el libro “Cultivos hortícolas al aire libre” del que son editores Baixauli Soria, Carlos y Maroto Borrego, José Vicente, resaltado en la Biblioteca de Horticultura.

La SECH publica libros de Actas de los participantes en sus congresos y simposiums. A la SECH en 1991 le concedieron el Premio al Libro Agrario por la publicación La Horticultura Española en la CE, del que fueron editores Luis Rallo y Fernando Nuez. Años más tarde, 2001, coordinado también por Nuez y Gerardo Llácer, se publica un libro sobre “La Horticultura en España” realizado como documento para presentar la candidatura de la organización del XXVII Congreso Internacional de Ciencias Hortícolas, IHC2010, celebrado con sede principal en Lisboa en agosto de 2010.

La Tabla 1 recoge los medios que participaron en la edición inaugural de la feria Iberflora; en esta feria y Euroagro a inicios del milenio (la no diferenciación en el catálogo de los medios puede ser la causa del escaso número registrado; y los medios participantes en la edición 2021 de Fruit Attraction, complementados.

4. Online

En 1994 llega Internet a España y empieza a abrirse paso en diferentes sectores; en el ámbito agrícola y hortofrutícola se extendió su uso claramente con el cambio generacional. Sin embargo, la oferta existió desde prácticamente la llegada de Internet a España. La Plataforma Horticom, creada por Ediciones de Horticultura y desde 2010 propiedad de Interempresas, recibió en 1996 un premio a la innovación concedido por Telefónica, en un momento en que esta institución empezaba a intuir que, en el devenir de Internet, los contenidos serían tan importantes o más que los soportes informáticos.

Con el uso de Internet “en pañales”, Horticom editó durante varios años un boletín papel, Horticom Agronegocios le llamaban, enviado por correo tradicional a los suscriptores de la revista Horticultura, para explicar qué había en Internet. Se crearon una serie de medios exclusivamente online, como <https://www.foodretail.es>, y algunos medios nacidos posteriormente online, caso del madrileño Agronegocios, publican actualmente también revistas.

Al tiempo que el uso de Internet se extendía por la sociedad y que las empresas (e instituciones) empezaron a tener sus propias webs, se fueron creando empresas dedicadas, en el ámbito hortofrutícola y ornamental, a difundir información por este medio y las que venían de la cultura papel, lo incorporaron a su forma de facilitar los contenidos a lectores y suscriptores. Los modelos económicos son mixtos. En algunos casos son completamente libres, o pueden serlo parcialmente y de acceso abierto a suscriptores.

Tabla 1. Relación de las principales empresas editoriales en el sector hortofrutícola y ornamental entre 1972 y 2021 *

1972 ^a	2002 y 2004 ^b	2021 ^c
Alterpack, Miguel Sierra	Bricojardiinería y Paisajismo	AECOC
Ediciones de Horticultura SL	Casa y Jardín	Aral
Editorial Agrícola Española SA	Floramedia España	Ediciones Fruit Today
Eumedia SA	Ediciones de Horticultura	Eumedia (Agronegocios)
Eurofresh Distribution	Carrogio SA de Ediciones	Grupo Editorial Agrícola
Mundi-Prensa Libros SA		Guía Verde
Sucro SL		Infoedita Comunicacion
Verdiland Ediciones SL		Inforetail
Ediciones de Horticultura		Interempresas
Ediciones Jardin		Mercados
Floramedia España		Publicaciones Alimarket
Goodman Business Press SA		Revista de Fruticultura
Tecnipublicaciones España		Revista F&H
		Siete Agromarketing
		SPE3 (Tecnología Hortícola, Poscosecha, Postharvest, ACTUAL FruVeg, Biblioteca de Horticultura)
		Transporte XXI
		Valencia Fruits

*Agradecemos a Nuria Pedraza, de Feria Valencia, el facilitarnos los datos de Iberflora y Euroagro mencionados en el cuadro y el texto

^a Medios expositores en la primera edición de Iberflora

^b Medios relacionados en los catálogos de Euroagro e Iberflora, respectivamente en años

^c Listado de medios que expusieron en la edición 2021 de Fruit Attraction, complementado

La tendencia en las revistas científicas ha sido el aprovechamiento total de las opciones que ofrece Internet de publicar información online; de hecho, entre los primeros usuarios de Internet estuvo la comunidad científica, con lo que este devenir es lógico. En el caso de las revistas técnicas, continúan publicándose en papel, con actualizaciones intermedias a través de las respectivas webs de las editoriales. Las “nuevas generaciones”, nativas online, con una edad que en 2024 alcanzará la treintena, más los “buscadores de experiencias” de generaciones anteriores, han dejado de añorar el aroma a papel y tinta, y sacan partido de la inmediatez y facilidad de llegar a la información que permiten los medios online. Del punto de vista de los “productores de información”, Internet ha significado que una misma información multiplique cientos (o miles) de veces la posibilidad de sea aprovechada por un lector.

1. Panorama general

Correos electrónicos, redes sociales, aplicaciones de uso en teléfonos móviles, ayudan a su difusión.

Son también los nativos digitales y los seniors buscadores de experiencias quienes se han volcado a la lectura en los móviles; las salas de espera, cuando podían hacerse visitas a empresas, solían seguir teniendo revistas. Covid y teléfono móvil parecen darles la estocada final. En paralelo, los desarrolladores de web se han esforzado en crear webs ad hoc para ordenador, Tablet y móvil, de forma que la experiencia sea óptima en cada una de estas opciones.

Internet también ha permitido la creación de reuniones virtuales; Zoom, la plataforma pionera en esto ya existía antes del Covid y la pandemia resultó, al igual que para las ventas online, la catapulta a una evolución de una aceleración inimaginable antes del virus. Las universidades y centros de enseñanza ya habían hecho también su incursión en el mundo Internet a través de exámenes o sesiones de consulta por esta vía. De opcional la pandemia llevó esta opción a la única posible y pasadas las primeras semanas de consternación cuando el confinamiento total, que en España se decretó el 14 de marzo de 2020, rápidamente pasaron a organizarse para poder continuar haciendo su labor a través de plataformas tipo Zoom.

La sociedad en general se familiarizó con estas plataformas y esto permitió también a las editoriales realizar actividades por estas vías. Se han mencionado ya los webinars organizados por la Fundación Cajamar y por Phytoma, y puede decirse que prácticamente todas las empresas editoriales han incursionado, de una forma u otra, en esta opción, y lo mismo ha ocurrido con ferias y congresos. En los últimos años se ha incorporado Agromarketing, con un modelo de negocio centrado en encuentros presenciales grabados que están disponibles posteriormente en su portal. La pandemia ha provocado que encuentros tradicionalmente presenciales que han tenido que cambiar su convocatoria a virtual, incluidas las ferias profesionales, a la espera de poder ofrecer su paleta completa de prestaciones cuando la situación sanitaria se normalice.

II. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

2.1. Planta a la carta

Juan Heis Serrano

juan.heis@saliplant.com

Saliplant

Índice

1. Situación del sector agrícola, aparición de los primeros semilleros
2. Actualidad de los semilleros de producción planta hortícola
3. Procesos llevados a cabo en un semillero
 - 3.1. Siembra
 - 3.2. Cámara de germinación
 - 3.3. Extendido
 - 3.4. Control de germinación
 - 3.5. Riegos y tratamientos
 - 3.6. Injerto
 - 3.7. Otros procesos
 - 3.8. Carga y transporte de la planta al cliente
4. Evolución de los semilleros en los últimos años
 - 4.1. Instalación de sensores para la monitorización y registro de datos
 - 4.2. Certificación de los semilleros bajo diferentes normas de calidad
 - 4.3. Crecimiento de la producción de planta ecológica
 - 4.4. Aumento del control biológico
 - 4.5. Generalización de injerto
 - 4.6. Diversidad de especies y variedades
5. Consideraciones finales

Resumen

En este capítulo titulado “planta a la carta” se intentarán reflejar cuales han sido los últimos grandes avances conseguidos en el sector de los semilleros de planta hortícola.

Previamente a entrar en profundidad en los cambios más importantes acaecidos durante los últimos años se realizará un breve análisis que intentará ayudar al lector a poder conocer el origen de estos, así como la situación que atraviesa el sector.

Es por ello por lo que se pueden distinguir tres bloques. Un primer bloque, sustentado en los datos recabados de la administración pública y la asociación española de hortícolas, donde se habla de la situación del sector agrícola, la necesidad de la aparición de los primeros semilleros,

los motivos que han impulsado los cambios más recientes y la actualidad que atraviesa el sector dedicado a la producción de plántulas hortícolas. Un segundo, se detallan los distintos procesos que son llevados a cabo desde la adquisición de la semilla hasta la salida de la planta de las instalaciones hacia la finca del cliente. Un último bloque en el que se desglosan los cambios más relevantes ocurridos. Se repasará el origen de estos además de las ventajas e inconvenientes que han aportado al cliente.

1. Situación del sector agrícola, aparición de los primeros semilleros

La horticultura es hoy en día una de las actividades más importantes dentro del sector agrícola español. La superficie destinada a dicha labor si tenemos en cuenta los distintos sistemas de cultivo (secano y regadío) supera las 384.000 hectáreas, por lo que su impacto económico es muy elevado.

Dentro de los distintos sistemas de cultivo que se pueden llevar a cabo, podemos encontrar agricultura al aire libre o agricultura bajo abrigo. En España, existen unas 309.000 ha de cultivos al aire libre, de las que el 74 % se concentran en Andalucía, Murcia y Castilla-La Mancha. Andalucía es la región predominante pues concentra el 40 % de la superficie destinada a agricultura respecto al total nacional.

Si profundizamos en el cultivo bajo abrigo, podemos ver que en la actualidad hay unas 70.000 hectáreas de invernadero, de las que 53.902 se encuentran en Andalucía (76 % del total) (Figura 1). De esas 53.902 ha, 32.958 están en la provincia de Almería, lo que supone el 61.14 % de las hectáreas de Andalucía y el 46.58 % del total nacional (Encuesta sobre superficies y rendimientos ESYRCE, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

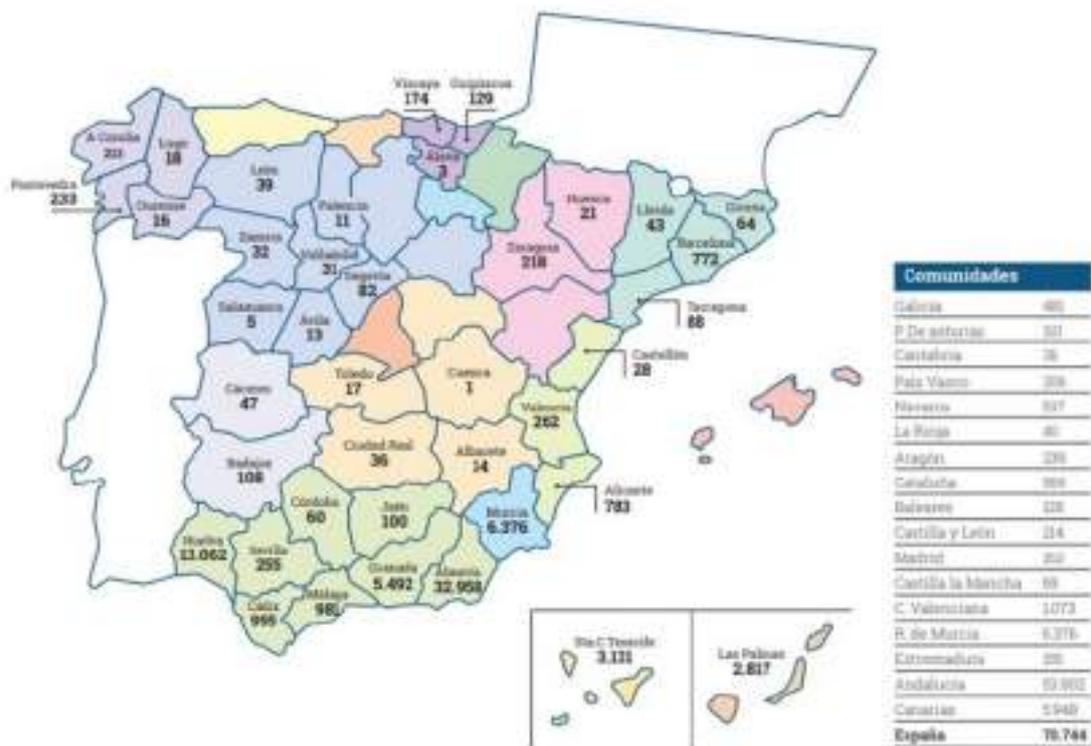


Figura 1. Distribución de hectáreas de invernadero en España

Para el abastecimiento del territorio anteriormente descrito, los agricultores tradicionalmente acondicionaban una parte de su explotación para la elaboración de una almáciga, lugar donde realizaban la siembra de la semilla para su posterior trasplante. Con el paso del tiempo muchas de estas explotaciones han ido creciendo en tamaño por lo que precisaban de una mayor superficie de terreno para esta labor, lo que unido a la necesidad de la obtención de un material vegetal de partida de calidad y al incremento de precio de la semilla, dio lugar a la aparición de los primeros semilleros profesionales.

En el momento de la aparición de los primeros semilleros, las estructuras más tecnificadas se destinaban a la producción de plantas ornamentales, pero poco a poco los semilleros se fueron modernizando, adaptando la tecnología de la que se disponía en los viveros ornamentales. Hoy en día, los semilleros disponen de las estructuras y tecnología más avanzadas, pues se ha ido produciendo una modernización de sus estructuras a lo largo del tiempo. Para los semilleros esta modernización es una necesidad real, pues la competencia es cada vez mayor y la tecnología es el pilar fundamental donde poder sustentar la rentabilidad de la empresa, ya que nos permitirá reducir costes y obtener una planta de las características que nos demanda el cliente: máximo aprovechamiento de semilla, planta homogénea con un aspecto sano y ausencia de cualquier tipo de plaga o enfermedad.

Las innovaciones introducidas durante los últimos años no solo tienen que ver con la mejora de la rentabilidad de los semilleros, pues tienen como catalizador el cambio de modelo de agricultura familiar.

En agricultura bajo plástico, los datos indican que la media de la edad de los propietarios de las explotaciones hortícolas en nuestra zona ha disminuido, situándose en torno a 42 años. Dichos propietarios tienen cada vez mayor formación (hasta el 66.5 % poseen formación reglada en agricultura) y además el 99 % cuenta con asistencia técnica ya sea por parte de los comercializadores donde venden el fruto, de los almacenes de suministros donde compran los fitosanitarios o de profesionales externos contratados para tal labor. Las estructuras invernadas también han mejorado, dejando atrás el invernadero tipo parral plano con pilares de madera para evolucionar a un invernadero tipo multicapilla con estructura de acero galvanizado.

Las explotaciones han ido creciendo, obligando a contratar mano de obra generalmente procedente de la inmigración, dedicándose los familiares a otras labores distintas, más relacionadas con la comercialización. Esta renovación ha repercutido de manera directa a los semilleros pues estos empresarios más jóvenes son más receptivos a la incorporación de innovaciones, obligando a los semilleros a posicionarse a la vanguardia de las técnicas de cultivo para satisfacer sus necesidades (Céspedes López *et al.*, 2009).

2. Actualidad de los semilleros de producción planta hortícola

En la actualidad, es complicado conocer con exactitud la superficie destinada a la labor de crianza de planta, pues el sector está muy atomizado y existen múltiples asociaciones que agrupan a los distintos productores de cada zona. A todo esto, hemos de aunar que existen grandes empresas que optan por construir su propio semillero con el fin de disminuir los gastos de producción en la medida de lo posible. El nivel de competencia es muy elevado.

2. Tecnología de producción

Datos facilitados por Asehor (Asociación de Semilleros Hortícolas), una de las mayores asociaciones de producción de planta hortícola de la comunidad Andaluza, pueden ayudarnos a hacernos una idea del volumen de negocio de los semilleros. La agrupación cifra en 200 hectáreas la superficie que abarcan los semilleros que pertenecen a la misma. Esta superficie corresponde a los 50 semilleros socios y otorgan una capacidad de producción de 1500.000.000 de plántulas hortícolas anuales.

Existen realidades muy distintas; mientras que parte de los semilleros apuestan por la implantación de las últimas tecnologías de hermetismo y control informático, otros semilleros tienen dificultades para modernizarse, pues existe una tendencia de precios a la baja.

Ante esta situación se dan distintas maneras de afrontar la situación. Mientras algunos semilleros apuestan por la diversificación de cultivos hortícolas durante todo el año, otros optan por producciones de planta hortícola durante las campañas de mayor relevancia y planta ornamental el resto del año.

Independientemente del semillero, las demandas del cliente suelen coincidir en la mayoría de los casos, siendo las más frecuentes:

- Buena relación calidad-precio del producto
- Máximo aprovechamiento de la semilla
- Homogeneidad de la planta
- Ausencia de plagas y enfermedades
- Cumplimiento de los tiempos de entrega
- Asesoramiento preventa y posventa.

3. Procesos llevados a cabo en un semillero

Previamente a la entrada con mayor profundidad en la evolución que han sufrido en los últimos años los semilleros, creo que sería útil repasar los distintos procesos que ocurren en el mismo y que van desde la recepción de la semilla al transporte de la planta con destino a la finca del cliente.

3.1. Siembra

Consiste en la introducción de la semilla en una bandeja con turba u otro soporte. Posteriormente se cubre la bandeja sembrada con vermiculita y se le aporta agua.

La línea de siembra normalmente se compone por una mezcladora, una dosificadora de sustrato, una unidad de punzonado, la estación de siembra, un dosificador de vermiculita y un sistema de riego.

El proceso comienza con la introducción del sustrato de siembra en la mezcladora. La mezcladora es un recipiente con aspas que trituran y homogenizan el sustrato. Mientras se realiza la mezcla el sustrato es humedecido. Esto se consigue con un dosificador volumétrico que aportará la cantidad adecuada para cada mezcla en función de las necesidades del cultivo que vayamos a sembrar.

Una vez preparada la turba, esta pasará a una dosificadora de sustrato que ira vertiéndola sobre las bandejas que vamos a sembrar. Las bandejas han de pasar por un peine que retirará el sobrante de turba depositada en la bandeja.

Posteriormente la bandeja atraviesa la unidad de punzonado, que será la encargada de abrir el orificio donde será depositada la semilla. En función de la semilla que vayamos a sembrar se regulará la profundidad del orificio, con el fin de favorecer la nacencia.

La bandeja con la turba ya perforada pasará por la estación de siembra donde se depositará la semilla. Existen distintos sistemas que nos permiten realizar este proceso: rotativos, sistemas planos por succión, o cónicos o de presión (Figura 2). Aunque son sistemas distintos todos funcionan bajo la misma premisa, succionan la semilla adhiriéndola al cilindro o placa de la máquina y posteriormente cesa la succión para que la semilla caiga por gravedad (las máquinas funcionan con cabezales intercambiables, lo que nos permite sembrar en distintos formatos de bandeja solo con realizar algunos ajustes). Cada sistema tiene pros y contras y la selección del tipo de máquina se realizará en función del tipo de semilla que vayamos a usar en la siembra (Vilarnau y González, 1999).



Figura 2. Detalle de distintos sistemas usados para sembrar. Izquierda: sistema de placas. Derecha: sistema rotativo

Finalmente se aporta vermiculita a la bandeja y se riega para ajustar la cantidad de agua a la establecida para cada especie (Figura 3). El aporte de estos elementos se realiza por gravedad al pasar la bandeja por debajo de una tolva y posteriormente un dosificador de agua. La finalidad de la vermiculita es que la bandeja mantenga la humedad aportada durante el tiempo que permanezca en la cámara de germinación.

Hay que destacar que en este momento comienza la trazabilidad de la partida. En este punto se le asigna una codificación interna y pasa a estar presente en nuestro sistema de control de partidas. Desde ahora en adelante cada proceso que sufra la partida será registrado a tiempo real (tiempo de permanencia en la cámara de germinación, ubicación dentro del invernadero, número de riegos y cantidad de agua aportada, tratamientos fitosanitarios recibidos, etc.). Esto nos permitirá saber en todo momento lo que le ha ocurrido a la partida dentro de las instalaciones, pudiendo detectar posibles fallos en caso de que ocurriesen y permitiéndonos realizar una mejora continua.



Figura 3. Detalle de bandeja pasando por la tolva de aporte de vermiculita y los dosificadores de agua

3.2. Cámara de germinación

Las bandejas procedentes de la zona de siembra son colocadas en palets e introducidas en este recinto que se mantiene con una temperatura y humedad constante (estos parámetros pueden variar en función de nuestras necesidades) (Figura 4).



Figura 4. Detalle de cámara de germinación, donde permanecerán las bandejas en condiciones controladas

La finalidad de este proceso es conferir a la semilla las mejores condiciones para facilitar una germinación más rápida y homogénea. Es fundamental que la salida de las bandejas de la cámara se realice antes de la nacencia de esta, pues de lo contrario la planta se ahilaría y perdería todo valor comercial. El tiempo de permanencia dependerá de la especie.

3.3. Extendido

Consiste en trasportar las bandejas desde la cámara de germinación al interior del invernadero. Una vez allí se localizan en la mesa de extendido correspondiente, lugar donde permanecerán hasta su salida o hasta su uso para la realización de injertos (Figura 5).

Es fundamental seguir un criterio de extendido por formatos, especies y día de salida de cámara pues esto facilitará la función de los operarios encargados de realizar las labores posteriores.



Figura 5. Detalle de operario realizando un extendido de bandejas de pepino

3.4. Control de germinación

Días después del extendido de las bandejas se produce la germinación de la semilla. Una vez ocurrido este proceso, se procederá a realizar un conteo que nos permitirá detectar en un primer momento si hay algún problema de falta de vigor o germinación en la misma.

3.5. Riegos y tratamientos

La aplicación de abonos o tratamientos fitosanitarios se realiza normalmente mediante trenes o carros de riego. Estos sistemas consisten en una barra con boquillas de riego suspendidas sobre raíles, que son accionadas por un motor eléctrico, permitiendo que el tren se desplace de forma horizontal recorriendo cada túnel o capilla del invernadero (Figura 6). El flujo y la velocidad de avance es regulado mediante un panel de control situado al inicio de la mesa de extendido.



Figura 6. Izquierda: Imagen de tren de riego. Derecha: Detalle de boquilla iniciando funcionamiento

El tren de riego puede llevar un cabezal con las soluciones nutritivas a aplicar incorporado o ser alimentado desde una zona donde se dispone de un cabezal de riego con diferentes cubas que albergan las diferentes soluciones (Figura 7). Hoy en día la gran mayoría de semilleros utilizan el segundo sistema.



Figura 7. Detalle de cabezal de riego con distintas cubas con soluciones nutritivas empleadas para regar

3.6. Injerto

Es una técnica de propagación vegetal que consiste en unión de dos variedades distintas que pueden ser de la misma o diferente especie (Figura 8). La finalidad es utilizar como patrón o pie una variedad que aporte rusticidad y resistencia frente a enfermedades de suelo, y como parte superior o púa una variedad que aportará frutos con unas determinadas características (color, buen sabor, tamaño, etc.)



Figura 8. Detalle de operaria realizando injerto en planta de tomate

Para la realización del injerto es necesario realizar cultivar previamente las variedades que se utilizarán para el mismo. Para ello seguimos los pasos descritos anteriormente. Una vez se tienen ambas variedades con el tamaño óptimo para realizar el injerto se introducen en la sala de injertos, un lugar especialmente habilitado para realizar esta operación. El proceso de injertado consiste en realizar un corte en bisel en ambas variedades para posteriormente ponerlas en contacto. Finalmente se realizará la sujeción de este con una pinza plástica.

Una vez realizado el injerto la planta permanecerá en una cámara de condiciones controladas a fin de evitar la desecación del corte. Trascurridos unos días (dependiendo de la especie) y previa aclimatación, la planta se extenderá de nuevo en el interior del semillero donde terminará su proceso de crianza antes de la salida.

3.7. Otros procesos

Durante este último periodo de crianza de la planta se pueden aplicar multitud de procesos si el cliente lo solicita. Aplicación de organismos beneficiosos para la planta (Trichodermas, micorrizas o bacterias), realización de procesos de despunte, apertura a tresbolillo o sueltas de organismos de control biológico para favorecer la lucha integrada, etc. (Figura 9). La gran mayoría de los procesos detallados anteriormente son relativamente recientes y se abordarán con mayor profundidad más adelante en este mismo capítulo cuando se haga referencia a la evolución sufrida por los semilleros en los últimos años.



Figura 9. Izquierda: detalle de partida abierta a tresbolillo. Derecha: detalle de planta despuntada para la obtención de dos tallos

3.8. Carga y transporte de la planta al cliente

Finalizada la última etapa de crianza de la planta, se repasará la misma a fin de detectar cualquier posible incidencia previa a la salida del semillero. Si durante este último control de calidad no se detecta problema alguno se procederá a su carga en carros de transporte y posterior envío a la finca del cliente (Figura 10).



Figura 10. Izquierda: Detalle de operario preparando la carga para un cliente. Derecha: Operarios descargando carros con la planta para su entrega definitiva al cliente

4. Evolución de los semilleros en los últimos años

Como ya hemos comentado con anterioridad los semilleros se han caracterizado desde siempre por ser estructuras muy tecnificadas, por lo que no han ocurrido grandes saltos innovadores en estos últimos años. Si bien en cultivos frutales o extensivos han aparecido desde nuevos sistemas de cultivo hasta nueva maquinaria que nos permite ser más precisos a la hora de sembrar o de aplicar los tratamientos, el cambio en el sector semilleros se ha caracterizado por una evolución progresiva para adaptarse a las necesidades solicitadas por los clientes.

En la actualidad se siguen utilizando tecnologías empleadas años atrás con pequeñas mejoras que ayudan a aumentar la eficiencia de los procesos o a facilitar el trabajo. Es el caso de las nuevas mallas para la protección ante plagas, las pantallas térmicas actuales fabricadas con materiales con mayor capacidad aislante o el uso de lámparas LEDs en lugar de las tradicionales lámparas de alta presión de sodio.

Los cambios más destacados se han producido en las siguientes direcciones:

4.1. Instalación de sensores para la monitorización y registro de datos

En los últimos años se ha producido un gran avance en este sentido y hoy en día se dispone de información a tiempo real tanto de los procesos aplicados a la planta como de los parámetros esenciales de las instalaciones que intervienen en los mismos. Años atrás esto requería tener personal dedicado en exclusiva a la toma de datos para su posterior valoración, lo cual significaba disponer de una menor flexibilidad a la hora de tomar decisiones de cierta relevancia. Actualmente se dispone de un sistema suficientemente automatizado para poder consultar todos estos datos vía telemática (Figura 11). De esta manera, podemos seleccionar por ejemplo rangos de temperatura y humedad que queremos tener dentro de nuestro invernadero y programar órdenes de apertura o cierre de ventanas para influir en estos valores. Cuando los valores no sean óptimos recibiremos una alerta que nos avise del problema. Este ejemplo es solo uno de los múltiples usos que se ha podido dar a la tecnología estos últimos años, pero también se monitorizan cámaras de germinación, sala de injertado, cámara de injertos, etc.



Figura 11. Detalle de algunos de los paneles de control de los que se dispone para el registro de parámetros que influyen en los procesos productivos del semillero

4.2. Certificación de los semilleros bajo diferentes normas de calidad

Las empresas comercializadoras que distribuirán los frutos cosechados por los agricultores necesitan estar amparadas bajo determinadas certificaciones para poder ser competitivas en los distintos mercados en los que operan. Esto tiene una repercusión directa sobre el agricultor, que traslada esta necesidad al semillero, pues requiere que desde el inicio del proceso

productivo se sigan las directrices marcadas por la certificación. Por este motivo surgió la exigencia de certificación de los semilleros bajo distintas normas de calidad (Normas ISO, Global GAP, Ecológico, NOP, etc.) La mayoría de los semilleros han tenido en los últimos años que adaptarse a este cambio, y se han visto obligados a modificar sus procesos productivos para conseguirlo. En este sentido, y con la experiencia que otorga a Semilleros Saliplant ser el primer semillero en España miembro de Global Gap, podemos aseverar la importancia que supone estar avalado por diversas certificadoras, pues supone el establecimiento de unas normas de calidad estrictas que ayudaran a la mejora continua del producto.

4.3. Crecimiento de la producción de planta ecológica

Ha obligado a los semilleros a tener que realizar transformaciones para adaptarse a este sistema de producción. Si tomamos como referencia los datos registrados en Almería durante la última década, podemos ver como el crecimiento del cultivo ecológico bajo plástico habría pasado de las 981 has en el año 2010 a las 3.211 en la campaña 2019 (Figura 12). Los datos reflejan una clara tendencia de crecimiento, siendo el periodo 2016-2018 donde más creció, en torno a las 500-600 ha anuales. Las previsiones para esta campaña son un estancamiento, debido a la dificultad de la realización del cultivo por falta de medios autorizados para combatir plagas y al estancamiento del precio de los productos. Las 3.211 ha de cultivo ecológico sembradas en la campaña 2020 se distribuyen como se muestra en la Figura 13.

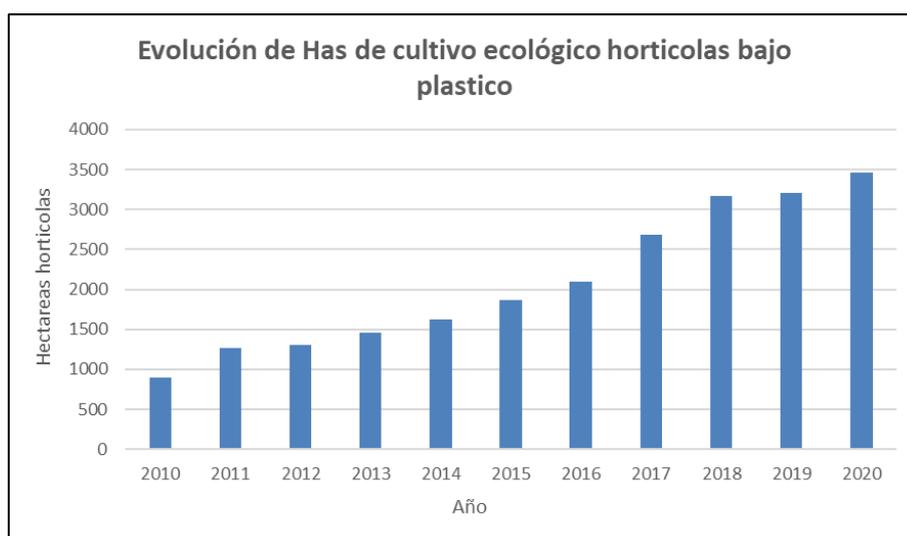


Figura 12. Evolución de las hectáreas de cultivo ecológico de plantas hortícolas bajo plástico

4.4. Aumento del control biológico

Debido al crecimiento experimentado por la producción de planta ecológica y la eliminación de materias activas autorizadas para realizar tratamientos, desde hace años se ha convertido en un método de lucha contra plagas muy extendido. Los datos recabados en la provincia de Almería constatan que en la campaña 2006-2007 el número de hectáreas bajo control biológico era de 515, la campaña 2019-2020 se cifró en 24.740 ha, por lo que se puede hablar claramente de una tendencia bastante naturalizada (Figura 14). Los insectos más utilizados para el control biológico son: *Amblyseius swirskii*, *Orius laevigatus* y *Nesidiocoris tenuis*. Dependiendo del tipo de insecto a utilizar, el control se puede comenzar en semillero o en campo (Anuario agrícola, 2020).

Las 24.740 ha bajo control biológico en Almería se distribuyen de la siguiente forma (Figura 15).

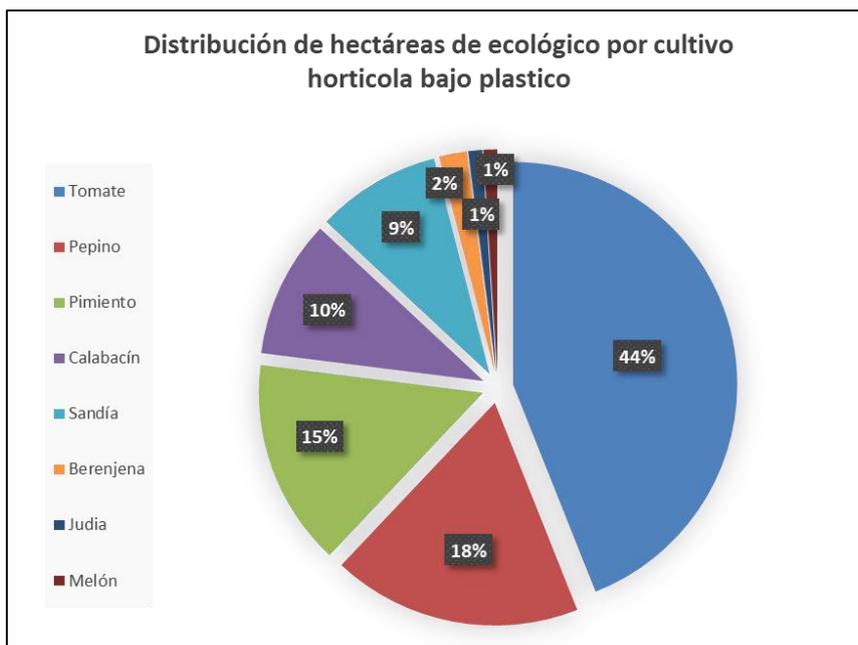


Figura 13. Distribución de hectáreas de ecológico por cultivo hortícola bajo plástico año 2020

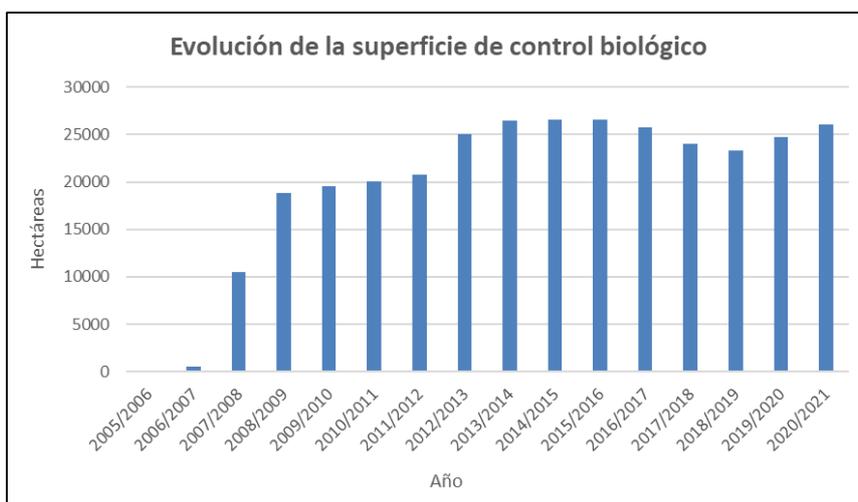


Figura 14. Evolución de la superficie de control biológico en la provincia de Almería

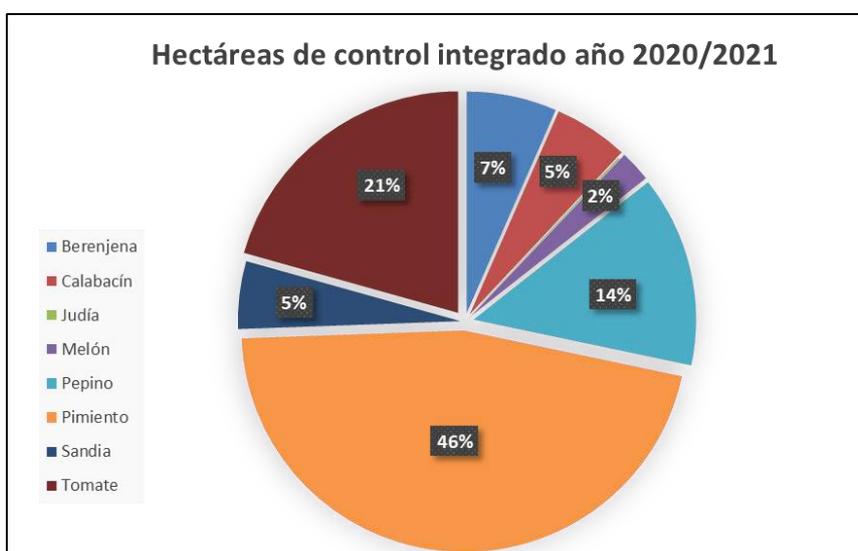


Figura 15. Hectáreas de control integrado en la campaña 2020/2021 en Almería

El ácaro *Amblyseius swirskii* y la chinche *Orius laevigatus* se establecen directamente en campo, siendo muy común su uso en cultivo de pimiento para control de pulgón y araña roja. *Nesidiocoris tenuis* (chinche autóctona que actúa como depredador natural de mosca blanca, araña roja, tuta, etc.) es el insecto más utilizado en semillero para suelta en plántula de tomate. La implantación de *A. swirskii* y *O. laevigatus* no es sencilla pues si bien se pueden soltar en semillero la posterior aclimatación a condiciones de campo es muy difícil, bien por el contraste de las condiciones ambientales o por falta de alimento disponible. El establecimiento de *N. tenuis* sí se logra con relativa facilidad, pues se adapta mejor a condiciones variables y en caso de no encontrar enemigos naturales, puede alimentarse de plantas pues es fitófago. (En algunos casos esto puede presentar un problema, pues el insecto se puede alimentar de las plántulas de tomate, restándoles algo de vigor en las etapas más tempranas. Se debe mantener un nivel equilibrado de insectos. Para alimentar a *Nesidiocoris* desde el semillero se utilizan huevos de *Ephestia kuehniella*, una polilla, como alimento. Estos huevos vienen irradiados para evitar que eclosionen. En semillero como lo normal es que no se encuentre la plaga, se procede a la aplicación de estos huevos sobre el cultivo y posteriormente se realiza la liberación de *Nesidiocoris*, que se alimentara de ellos para poder completar su ciclo).

La suelta en semillero consiste en la implantación del insecto previa salida de la planta para que el insecto complete su ciclo con mayor rapidez, ganando de esta manera varias semanas con respecto a la suelta en campo (Figura 16). Se logrará que las puestas que realiza el depredador al completar su ciclo en semillero eclosionen tras el trasplante, dando lugar a larvas muy voraces que ayudarán a mitigar los efectos que producen las diferentes plagas en campo.



Figura 16. Imágenes de distintas etapas de la realización de una suelta de *Nesidiocoris tenuis* en semillero

4.5. Generalización de injerto

El establecimiento de forma repetitiva de la misma especie vegetal sobre el mismo terreno se ha convertido en algo muy usual, lo que unido a la reducción de materias activas autorizadas para la desinfección ha dado lugar a la aparición de problemas fúngicos con cierta asiduidad. Este motivo junto a la necesidad de tener un sistema radicular más fuerte que permita alargar los ciclos de cultivo ha provocado que se generalice el uso del injerto. Datos recogidos en estudios llevados a cabo por la fundación Cajamar en colaboración con la Fundación para la investigación agraria en la provincia de Almería revelaban que en el año 2000 el porcentaje de tomate injertado era del 9.7 %, hoy en día del total de planta de tomate encargada injertamos

un 52.4 %. Este incremento también ha sido ha sido proporcional en otros cultivos como berenjena, pepino, etc.

4.6. Diversidad de especies y variedades

El cliente dispone de la posibilidad de elegir entre una gran cantidad de especies y variedades. Tiempo atrás un pequeño número de variedades copaban el mercado, siendo estas las más utilizadas a la hora de establecer una plantación. Hoy en día ese número de variedades se ha disparado y, aunque son unas cuantas las que dominan el mercado, se encuentra mucho más atomizado que hace unos años. Las casas de semillas invierten muchísimo esfuerzo en el desarrollo e investigación de variedades con nuevas características agronómicas y paquetes de resistencias frente a enfermedades. Los plazos necesarios para la aparición e implantación de nuevas variedades se han acortado. Esto supone un beneficio para el cliente que dispone de un gran abanico de posibilidades del que antes no disponía.

En resumen, el cliente dispone de la posibilidad de pedir planta a la carta. Hasta hace poco el agricultor podía elegir entre un abanico bastante limitado de posibilidades; actualmente puede decidir entre: Mayor número de soportes de siembra, un catálogo muy amplio de especies y casi ilimitado de variedades, la opción de injertar la planta y además la posibilidad de añadir un gran número de procesos como por ejemplo: Producción bajo una determinada certificación, repicado con el fin de obtener un mayor aprovechamiento de la semilla, apertura de planta a tresbolillo para disponer de un mayor espacio con el fin de obtener un mayor desarrollo, despunte para la obtención de varios tallos, aplicación de productos como micorrizas o trichodermas, entutorado, etc.

El repicado consiste en ordenar las plántulas por tamaños. En esta misma operación se aprovecha para eliminar de las bandejas los cepellones donde se ha sembrado una semilla que no ha germinado. Si este proceso no se realiza, ocurren problemas de crecimiento si la semilla no germina de manera uniforme, ya que las plantas que germinen más tarde quedaran ocultas por las que tienen más vigor y han germinado antes (compitiendo entre ellas) y no recibirán la cantidad de luz necesaria para crecer de forma apropiada, quedando algunas de ellas demasiado débiles para utilizarlas para el trasplante.

5. Consideraciones finales

El sector semilleros es bastante amplio, pero se encuentra muy atomizado. Este sector, como muchos otros, está en cambio permanente, debido al cambio generacional que se viene produciendo desde hace unos años en el campo y a la inclusión de nueva tecnología que aparece de manera continua.

El cambio generacional está obligando a los semilleros a incorporar nuevas técnicas de trabajo para satisfacer las necesidades de los nuevos clientes, que se muestran más abiertos a la incorporación de innovaciones.

La inclusión de nueva tecnología no ha supuesto un salto cualitativo muy elevado con respecto a la metodología de trabajo que existía años atrás, pues desde siempre este sector ha destacado

por estar a la vanguardia en desarrollo. Ha permitido tener un mayor control sobre los procesos y posibilitar la toma de decisiones de manera inmediata.

Todo esto ha provocado la aparición de una gran cantidad de alternativas de elección a la hora de solicitar los servicios de un semillero. El agricultor puede seleccionar entre un gran abanico de posibilidades que procesos quieren que se apliquen a su planta, permitiéndolo elegir prácticamente a la carta. Esto supone que disponga de una nueva herramienta de trabajo, un producto desarrollado a la medida de sus necesidades que le ofrece respuestas útiles a problemas productivos.

Sobre Semilleros Saliplant

[Semilleros Saliplant](#) nace en 1986 y es en la actualidad empresa líder en producción de plántula hortícola.

Para llevar a cabo su actividad cuenta con más de 200.000 m² de invernaderos repartidos en ocho delegaciones las cuales se encuentran distribuidas entre las provincias de Granada y Málaga.

Actualmente cuenta con más de 3.000 clientes activos, algunos de ellos fuera de territorio nacional (Francia, Suiza, Alemania, Holanda, Portugal, etc.)

El equipo humano de Semilleros Saliplant está formado por más de 200 profesionales dedicados a obtener el mejor resultado en la producción de las más de 150 millones de plántulas que se obtienen al año.

Somos especialistas en injertos, así como en agricultura ecológica y producción integrada. En la actualidad nos encontramos avalados por diversas certificaciones que así lo acreditan (Normas ISO, Global Gap, CAAE etc.), siendo además pioneros en el establecimiento de algunas de estas normas en semillero, como en el caso de Global Gap donde fuimos el primer semillero de España miembro de la certificación.

En Saliplant conocemos el esfuerzo que supone obtener cultivos de calidad, por ello trabajamos con absoluta dedicación para ofrecer respuestas útiles a las necesidades de producción.

Nuestro capital humano desarrolla su actividad en la empresa desde 1986. Una dilatada experiencia que nos permite ofrecer la máxima garantía para obtener un producto y un servicio de calidad. Además, contamos con un equipo de especialistas que desde 1986 han adquirido una amplia experiencia en el sector que aplican a diario en Saliplant.

Observamos y controlamos muy de cerca las necesidades de las plantas, monitorizándolas a través de los sistemas más modernos; una clara apuesta de I+D en el sector. Sólo así conseguimos las mejores condiciones en cada caso, adecuando la luz, la temperatura, la humedad o la fertilización, para poder garantizar un producto y servicio de calidad.

Bibliografía

Céspedes López, A.J.; García García M.C.; Pérez-Parra J.J.; Cuadrado Gómez I.M. (2009) Caracterización de la explotación hortícola protegida de Almería. Huércal de Almería.

Encuesta sobre superficies y rendimientos ESYRCE, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021). <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/> Acceso 27 de Julio de 2021.

Gutiérrez Escobar, J.A. (2020) Anuario Agrícola 2020. El Ejido, Almería.

Vilarnau, A. y González, J. (1999) Colección compendios de horticultura. Planteles. Volumen 13. Reus.

2.2. Viveros frutales

Juan Miguel Rubio

juanmiguel@caliplant.com

Caliplant

Índice

1. Origen y evolución de los viveros
2. Situación actual
- 2.1. Incidencia del Covid-19 en los viveros
3. Principales zonas productoras en España
4. ¿Cómo se presenta el futuro?

Resumen

En el siguiente trabajo se hace una rápida descripción del proceso evolutivo que ha habido en los viveros a lo largo de los años. Se puntualiza como surgen, se remarcan su importante papel dentro de la cadena de control fitosanitario y se describe cómo se van adaptando a las nuevas tecnologías, con el fin de adaptarse mejor a las necesidades del momento y obtener mejores resultados.

1. Origen y evolución de los viveros

Se estima que, hasta finales del siglo XIX, no aparecieron los primeros viveros con el concepto actual que se les conoce. Se dieron como consecuencia de la gran demanda de madera que existía, para ser utilizada en la industria. Este dato, junto con la dificultad de adquirir la madera apropiada, provoca que la población de la época que ya tenía experiencia con plantas, llevará a cabo el desarrollo de los primeros viveros.

Más tarde, ya en el siglo XX, los viveros pasan a ser un eslabón de la cadena muy importante debido a que la industria forestal seguía teniendo una creciente necesidad, además de otros ejemplos como la demanda de madera para la minería, vías de ferrocarriles, etc.

El sector avanza y tras las primeras plantas forestales, se van diversificando en especies frutales y ornamentales. Esas plantas producidas por los viveros permitieron hacer frente a los primeros proyectos de repoblación y a modo particular ya se acudía a ellos para realizar plantaciones productoras u ornamentales.

2. Tecnología de producción

Los primeros viveros se llevaban a cabo en unas condiciones de producción que no se asemejan mucho a las condiciones de producción de hoy día, debido a que la tecnología de la época y las exigencias fitosanitarias eran escasas. La planta se producía en el suelo directamente, al aire libre, sin ningún tipo de estructura y se carecía de cualquier sistema novedoso (Figura 1).



Figura 1. Planta cultivada en sistema tradicional

A medida que pasan los años en el siglo XX, se va produciendo avances en la tecnología que también llegan a los viveros. A partir de los años 70, algunos pioneros comenzaban a producir plantas en contenedor, usando sustratos locales, aunque al principio había cierto escepticismo a su comportamiento en los trasplantes. Esta producción en contenedor se hacía con sustratos locales y mezclas muy poco homogéneas, con lo cual era un paso importante, pero lejos del nivel productivo actual. Se trataba de los primeros pasos con nuevas técnicas de cultivo, con producciones en contenedor, riegos localizados más precisos y otros.

Paralelamente a estos cambios en algunas técnicas de cultivo, provocados por esas mejoras en la tecnología, también se iban produciendo ciertas problemáticas fitosanitarias en distintas especies, que ponían en peligro su desarrollo ideal. Como ejemplo, por nombrar alguno, el virus de la Tristeza de los cítricos, fue tan grave, que cambió todo en el panorama citrícola nacional, debido a que provocó graves daños en el sector y ello motivó que se diesen distintos cambios a la hora de producir el material vegetal en vivero. Se aprueban cambios en las Normativas Fitosanitarias, p. ej., producir material certificado en unas condiciones determinadas, apoyado por la realización de analíticas de control a los viveros, para tener mayor control sanitario del material vegetal en todo su proceso productivo con el fin de garantizar que el sector pudiera subsistir a tan grave problema. Paralelamente a trabajar en estos puntos anteriores para mejorar la sanidad vegetal, se trabajó en la investigación y desarrollo de encontrar nuevos patrones que fueran resistentes o tolerantes a la virosis, teniendo un buen resultado final y consiguiendo ese objetivo.

Con el paso de los años, no sólo se logró controlar el problema, sino que además se consiguió fortalecer el sector citrícola completo y pasar a ser un modelo de trabajo muy admirado a nivel

mundial. Estos datos, nos dan fe de la importancia que tiene el sector viverista como un eslabón principal dentro de la cadena fitosanitaria en la propagación y distribución de material vegetal de las distintas especies.

La suma de todos los factores indicados con anterioridad, han ido provocando que poco a poco los viveros se profesionalicen cada vez más, produciendo con más control fitosanitario y tratando de buscar alternativas de cultivo más eficaces frente a los sistemas tradicionales para tratar de tener esa protección que se exige y ese rendimiento económico que se busca.

2. Situación actual

En la actualidad, debido a la globalización, entre otros factores, nos encontramos en un punto de inflexión importante, debido a que se produce un intercambio de productos de unos países a otros con mucha frecuencia y éste hecho también provoca que se puedan generar amenazas fitosanitarias con mayor facilidad, lo que está obligando a poner en valor un cambio en la normativa fitosanitaria con el fin de tener mayor protección en todas las especies e intentar garantizar la continuidad de cada sector que pueda verse afectado.

Además de por las amenazas mencionadas, los viveros tradicionales cada vez piensan más en cambiar el modelo de cultivo, dejando atrás el cultivo tradicional en suelo, debido a que se encuentran con otros puntos negativos en su trabajo actual (Figura 2). Destacamos algunos a continuación:

- Son cultivos exigentes de suelos vírgenes: Para sacar buen rendimiento al producto, exigen no repetir cultivo en el mismo suelo.
- Periodo de descanso: Si por necesidad, se debe repetir el mismo cultivo se considera oportuno dejar que pase un periodo de 3 años desde el último cultivo y en su defecto, desinfectar el suelo y nos encontramos que cada día hay menos alternativas de desinfección.
- Tienen ciclos de cultivo más largos, de mínimo 18 meses hasta 36 meses.
- Mayor superficie de producción: Al hacer ciclos más largos, desde que se planta el patrón, hasta que se produce trasplante final, obliga a tener mucha superficie en cultivo a la vez, porque siempre se solapan ciclos de cultivo.
- Éste último punto es muy importante porque no es fácil unificar todo bajo un mismo centro de trabajo, con lo cual obliga a los viveros a tener distintas parcelas productivas, con el trasiego que ello conlleva, por ej.:
 - Menor control de todo por trabajar en distintos centros a la vez.
 - Movimientos de peones agrícolas entre parcelas para realizar labores, con el aumento de gasto que conlleva sin beneficio.
 - Más instalaciones (riego, invernaderos...)
- Normalmente los viveros están ubicados en zonas determinadas, según la especie que trabajen. Este hecho, provoca que las áreas de producción para los viveros estén saturadas, no siendo fácil conseguir parcelas nuevas y si las consiguen, tienen mayor coste económico o cada vez están más distantes del centro de negocio.
- Las plantas tienen fechas limitadas para el trasplante.



Figura 2. Arranque de planta en sistema tradicional

Estos inconvenientes que se encuentran los viveros tradicionales y las ventajas que aporta el producir sin suelo, están provocando un cambio paulatino de sistema de cultivo, pasando muchos de ellos de producir en el medio tradicional en suelo a producir con otros sistemas de cultivo en ausencia de tierra, en formatos de contenedor con sustrato suelto, hidropónico..., aunque es cierto, que ese cambio se va dando poco a poco, porque requiere una mayor inversión inicial. Se trata de una técnica nueva de producir y, por tanto, nuevos conocimientos y eso siempre requiere un periodo de adaptación. Los cambios van en la siguiente dirección:

- Cultivo sin suelo
- Instalaciones protegidas (invernaderos)
- Instalaciones de riego más sofisticadas, con control de automatismos en clima, pH, CE, etc.
- Recirculación de agua.

En los cultivos sin suelo, la producción en contenedor con sustrato suelto, se hace con distintas mezclas, a gusto del consumidor y en función de cual prefiera según su manejo y experiencia. Las mezclas se pueden hacer con turba negra, turba rubia, fibra de coco, perlita, vermiculita, corteza de pino y algunos más. Dentro de todos estos productos, cada vez se trabaja más con fibra de coco, bien en mezcla con otros sustratos o sola. Ya hay bastante experiencia con mezclas dirigidas a viveros con un gran resultado en las producciones y manejos de las mismas.

Ahora bien, el último “toque” en sofisticación y tecnología, para la producción en vivero viene dado por la producción en kits de fibra de coco semi-comprimida (Figura 3). Estos kits de cultivo, son de distintas medidas y volúmenes, con lo cual, se adaptan perfectamente a cualquier especie que se vaya a producir en vivero. Las principales características de estos sustratos, por lo que son utilizados en la actualidad son los siguientes:

- Estables

- Homogéneos
- Alta CIC
- Buena aireación y drenaje
- Suministro continuo
- Mayor desarrollo radicular.



Figura 3. Sistema radicular del kit de fibra de coco semi-comprimida

Por todas estas características, las plantas producidas en los kits con la fibra de coco semi-comprimida alcanzan un rápido desarrollo vegetativo, además de un gran vigor, provocando una serie de ventajas tanto para el vivero como para el productor final (Figura 4).



Figura 4. Sistema de cultivo en kit con fibra de coco semi-comprimida

Ventajas vivero:

- Menor ciclo de cultivo en vivero
- Capacidad de producción en una instalación fija
- Capacidad de producir bajo pedido, con pedidos confirmados
- Facilita el transporte, por tener menor estrés
- Facilita la exportación del producto, tanto por su facilidad de transporte como por el pasaporte fitosanitario de la fibra de coco (Figuras 5 y 6)



Figura 5. Expedición de planta en kit para exportación



Figura 6. Planta en kit, preparada para una expedición local

Ventajas para el productor final:

- Reduce el estrés en plantación
- Mayor sanidad radicular y de la parte aérea

- Mayor desarrollo inicial de la planta
- Homogeneidad del cultivo
- Amplio periodo de trasplante
- Reducción del número de mermas en trasplante
- Se reduce el ciclo de cultivo
- Entrada en producción muy rápida (Figura 7).



Figura 7. Plantación comercial de vid producida en kit, con 1 año de trasplante y una elevada producción

2.1. Incidencia del covid19 en los viveros

En los tiempos que nos ha tocado vivir, con la presencia del virus del Covid19 y todas sus consecuencias, los viveros no han vivido en un mundo distinto y también se han visto afectados por su presencia.

En este sector, la presencia del virus no ha afectado tanto como a otros sectores donde su incidencia ha sido y está siendo mayor, afectando gravemente a su modelo de trabajo y especialmente a su economía.

En cuanto a los viveros frutales y ornamentales, han sufrido una de las partes negativas del virus y con el fin de reducir su presencia, se han visto obligados a promover cambios en las medidas laborales aplicadas sobre el personal de trabajo, lo que implica un mayor coste de producción, por cambiar modelos de trabajo, compra de test, EPIS, mayor número de transporte y otros. Además de esas restricciones y aumentos de coste, también han sufrido alteraciones y posibles retrasos en trabajos en momentos puntuales de la campaña por las constantes bajas por confinamientos del personal de trabajo a consecuencia la incidencia del virus. En resumen, en este apartado, igual que cualquier empresa de otro sector.

Pero a diferencia de otros sectores, también ha tenido su parte positiva ya que, en estos dos años de pandemia, la mayoría de viveros productores de distintas especies frutales, han sido capaces de vender un porcentaje muy alto de su producción, a consecuencia de que han seguido su ritmo de trasplantes en las plantaciones comerciales de distintas especies, quedando muy

poco stock en sus instalaciones de un año para otro. Pero, además, se ha visto incrementado las secciones de ornamental y jardinería, debido a que los confinamientos de la población y el menor ritmo social que se lleva en esta pandemia han provocado que se haya fomentado el consumo de ese tipo de producto, la planta al detalle, para casas particulares, casas de campo, chalets..., por tanto, en este aspecto el sector se ha beneficiado.

3. Principales zonas productoras de España

En España, se producen gran cantidad de especies frutales y aunque nos encontramos productores en distintos puntos del país, hay zonas productoras con mayor dedicación que otras a este sector. Vamos a señalar las principales zonas de producción que se dan en España, para las distintas especies o familias.

- Cítricos: La mayor parte de su producción se da en la zona de Alcanar (Tarragona) y Vinaroz (Castellón). Aunque también hay viveros con producciones relevantes en Andalucía y la Región de Murcia.
- Olivo: Históricamente la provincia más productora de olivo ha sido Córdoba, aunque hace años que Cataluña con un número pequeño de productores aporta un gran número de plantas de olivo al mercado. En otras zonas también se produce, pero con menos relevancia.
- Frutal de hueso: Se puede decir que principalmente la Región de Murcia es un área muy importante de producción, concentrada sobre todo en la zona del Noroeste. Además, en Zaragoza, Lleida, Badajoz..., se dan otras zonas importantes de producción.
- Frutal de pepita: Las principales áreas de producción actualmente se encuentran por la zona de Lleida y otras áreas de Cataluña. Hay otras zonas, pero son menos relevantes.
- Frutos secos: Especialmente, en almendro que es un cultivo mayoritario en España, las zonas de producción, prácticamente coinciden con el frutal de hueso, siendo la zona de Barranda (Murcia), una de las que concentra mayor número de productores, si bien, en otras zonas como Zaragoza, Granada, Lleida... también hay grandes productores.
- Tropicales: Estos viveros productores, están casi todos concentrados en la Costa del Sol, por la zona de Vélez-Málaga a Motril (Granada).
- Vid: Hay distintas zonas con importancia en esta especie, como ej. Valencia y La Rioja, pero también se da en otras Regiones como Galicia, Cataluña, Castilla La Mancha, Castilla y León....

4. ¿Cómo se presenta el futuro?

Como futuro que es, no se puede predecir, pero parece que va a estar asociado a lo que hoy ya vivimos, comercialmente existe cada día más transferencia de material vegetal de distintas especies entre países de todo el mundo, por tanto, es vital que fortalezcamos el control fitosanitario para evitar o reducir al máximo cualquier posible nueva amenaza que pudiera afectar gravemente a nuestra economía.

En cuanto a la parte de sistema productivo en los viveros, ya hay bastante producción fuera del suelo, creo que este paso se va a seguir dando y cada vez serán más los que cambien el sistema, por las múltiples ventajas que supone producir con otros sistemas productivos.

Aunque se produzca ese más que probable cambio, dentro de estos sistemas de producción sin suelo todavía quedan muchas cosas por aprender y mejorar, que van a hacer que el sector siga en un constante desarrollo, tanto a nivel tecnológico, fitosanitario, se seguirá con la investigación de nuevos patrones y variedades en distintas especies que sean resistentes a distintos parámetros, enfermedades y plagas, que muestren unas u otras cualidades... Se va a cultivar cada vez mejor, cuidando más el medio, aprovechando mejor los recursos que disponemos. En definitiva, el cambio se está produciendo, se va a seguir produciendo y de momento no tiene fin a corto plazo.

Bibliografía

Álvarez Álvarez, P.; Rico Boquete, E.; Rodríguez Soalleiro, R. (2003). La creación de los primeros viveros forestales en Galicia. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 16: 261-266.



NOVAGRIC

SMART AGRICULTURE

*Para ti
para tu cultivo
para el planeta*

Para todo lo que venga



Proyectos de agricultura productiva y sostenible

Proyectos llave en mano de invernaderos y riego desde la idea hasta la puesta en marcha, incluyendo asesoramiento y soporte para garantizar el éxito de su negocio. NOVAGRIC lleva más de 43 años al lado del agricultor ofreciendo servicio y tecnologías para evitar preocupaciones y lograr una agricultura rentable de alto rendimiento que utilice menos recursos.



(+34) 968 333 088
novagric@novagric.com
www.novagric.com



2.3. Invernaderos

Francisco Domingo Molina-Aiz*, Diego Luis Valera-Martínez, Alejandro López-Martínez, Mireille Nathalie Honoré, María de los Ángeles Moreno-Teruel y Ana Araceli Peña-Fernández
* fmolina@ual.es

Centro de Investigación en Agrosistemas Intensivos Mediterráneos y Biotecnología Agroalimentaria (CIAMBITAL), Universidad de Almería

Índice

1. Necesidad de los invernaderos
 - 1.1. Radiación neta
 - 1.2. Radiación fotosintéticamente activa (PAR)
 - 1.3. Temperatura del aire
 - 1.4. Temperatura del cultivo
 - 1.5. Temperatura del suelo
 - 1.6. Velocidad del aire
 - 1.7. Humedad del aire
 - 1.8. Concentración de CO₂
2. Tipos de invernaderos
 - 2.1. Invernaderos elementales
 - 2.2. Invernaderos sencillos
 - 2.3. Invernaderos tecnificados
 - 2.4. Características tecnológicas de los invernaderos
3. Superficie y producción de los invernaderos en España
 - 3.1. Distribución de los invernaderos en España
 - 3.2. Evolución de la superficie de invernaderos en España
 - 3.3. Producción de los cultivos en invernaderos
 - 3.4. Comercialización de la producción de los invernaderos
4. Tecnologías para mejorar la fotosíntesis de los cultivos
 - 4.1. Sistemas pasivos de control del clima
 - 4.2. Optimización de los sistemas de ventilación
 - 4.3. Mejora de la radiación interior
 - 4.4. Aumento de la reflexión de radiación en el suelo
 - 4.5. Reducción del blanqueo

Resumen

En España la superficie de cultivos en invernaderos en 2020 fue de 71 783 ha, con una producción de 3 330 t de frutas y hortalizas. En la provincia de Almería se concentra el 45% de la superficie invernada con unas 32 234 ha en 2020. Solo el 2% de los invernaderos son considerados altamente tecnificados, con estructuras metálicas rígidas de más de 3 m de altura, sistemas de control climático y de calefacción. La mayor parte de los invernaderos, son sencillos con ventanas cenitales (55,7%) o elementales cuando solo tienen ventanas laterales (41,4%), y funcionan únicamente con el aporte de energía solar, por lo que se les denomina invernaderos solares. El ambiente dentro de los invernaderos está determinado por diferentes variables climáticas que afectan de una u otra forma a la producción de los cultivos. El principal factor que determina la capacidad productiva de las plantas es la actividad fotosintética. Este factor está directamente correlacionado con la radiación fotosintéticamente activa disponible en el dosel vegetal y con la concentración de CO₂ dentro del invernadero. De forma indirecta depende también de otros parámetros climáticos como la temperatura del aire, el déficit de presión de vapor a nivel de las hojas (función de la humedad ambiente y de la temperatura del cultivo) o la velocidad del aire. A su vez, la cantidad de radiación solar, el flujo de calor en el suelo y su temperatura son los principales factores del balance de energía en el invernadero que determinan las temperaturas del aire y del cultivo. El principal problema en los invernaderos solares es que poseen un sistema de ventilación insuficiente que hace necesario el uso del encalado de la cubierta para reducir el aporte de energía por radiación solar y mantener la temperatura del aire en niveles no nocivos para las plantas. Esto supone un enorme hándicap al limitar drásticamente la capacidad fotosintética y productiva de los cultivos, dado que en algunos invernaderos comerciales de Almería la radiación disponible en su interior puede llegar a ser el 20-30% de la exterior durante los periodos de primavera-verano e inicio del otoño.

La mejora de la producción hortícola en los invernaderos solares mediterráneos pasa por una mejora sustancial de la capacidad de ventilación, que de una parte permita refrigerar los invernaderos lo suficiente para reducir o eliminar el blanqueo de la cubierta, y de otra asegurar niveles de concentración de CO₂ próximos a la del exterior. El uso de nuevos materiales de cubierta, más transmisivos y con mayor difusividad, o fotoconvertidores de espectro, y el uso de materiales de acolchado en el suelo, que reflejen una gran parte de la radiación solar, también podrán ayudar a mejorar la eficiencia productiva de los cultivos mediante el incremento de su actividad fotosintética.

1. Necesidad de los invernaderos

Los invernaderos son un sistema de producción en el que se trata de controlar las condiciones ambientales en las que se desarrollan los cultivos. La fotosíntesis es el principal proceso fisiológico que impulsa el crecimiento de las plantas y la productividad de los cultivos. Este proceso fisiológico está fuertemente influenciado por las condiciones ambientales (Yin *et al.*, 2009). El clima interior queda definido principalmente por el nivel de radiación neta, la radiación fotosintéticamente activa (*Photosynthetically active radiation*, PAR), la temperatura y velocidad del aire y su concentración en vapor de agua (humedad) y CO₂. Todos estos factores afectan de forma directa o indirecta a la fotosíntesis de los cultivos hortícolas (Zhang y Wang, 2011; Li *et*

al., 2012) y determinan de una u otra forma su capacidad productiva. Por tanto, uno de los principales objetivos en el diseño y gestión de los invernaderos debe ser potenciar aquellas condiciones ambientales que mejoran la fotosíntesis y el potencial productivo de los cultivos (Sales *et al.*, 2021).

1.1. Radiación neta

La radiación neta, R_n , es la diferencia entre la radiación que llega al invernadero y la que sale de él y constituye el principal componente del balance de energía que determina la energía que calienta el suelo, las plantas y el aire (Dugas *et al.*, 1993; Molina-Aiz *et al.*, 2017b; Reyes-Rosas *et al.*, 2017), así como los procesos de evapotranspiración (Jiang y Liang, 2018; Saadon *et al.*, 2021) y fotosíntesis y asimilación de carbono (Sellers *et al.*, 1997). La radiación neta se puede medir utilizando un radiómetro neto que mide los flujos ascendentes y descendentes de la radiación de onda corta y larga (Allen, 2005; Liang, 2018; Jiang y Liang, 2018). La radiación neta dentro del invernadero es una variable climatológica cuyo valor depende de las temperaturas, coeficientes de reflexión y geometría de la cubierta del invernadero, del suelo y de las plantas (Monteith y Unsworth, 2013).

La radiación neta es el principal componente del balance de energía tanto a nivel del conjunto del invernadero como de las propias plantas. En el caso del invernadero, se producirá un equilibrio entre la ganancia de energía radiante y las pérdidas por conducción-convección a través de la estructura del invernadero, el intercambio de energía con el aire exterior mediante la ventilación, la absorción de calor desde el suelo y la evapotranspiración de agua generada desde el suelo y las plantas (Molina-Aiz *et al.*, 2017b; Reyes-Rosas *et al.*, 2017). La radiación neta afecta fundamentalmente a la transpiración del cultivo, de forma que muchos sistemas de control automatizado del riego se basan en estimaciones de la evapotranspiración en función de R_n (Saadon *et al.*, 2021). En invierno se produce un déficit de radiación neta que hace que la temperatura sea inferior a la deseada sobre todo durante la noche en la que la radiación neta es negativa (Figura 1).

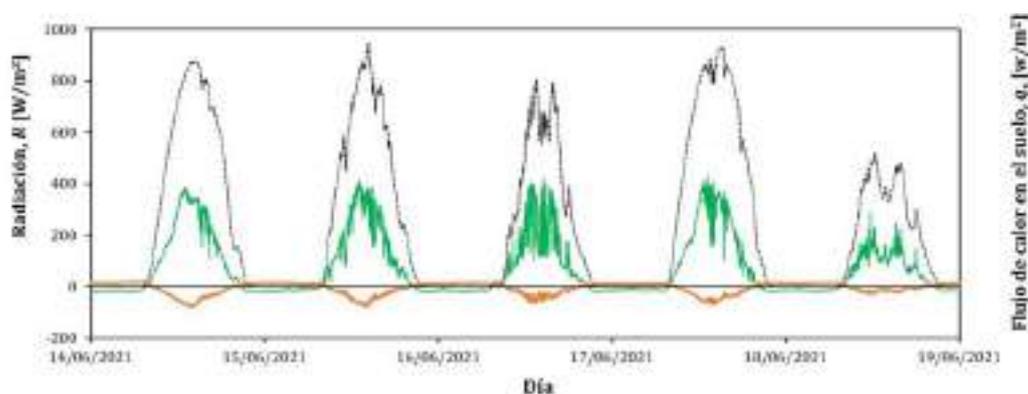


Figura 1. Evolución de la radiación solar exterior (---), radiación neta (—) y flujo de calor (—) a través de un suelo con acolchado plástico negro en un invernadero de tipo multitúnel en Almería con cultivo de tomate en su interior

En climas cálidos, como la región mediterránea, o en zonas áridas, como el norte de África o la península Arábiga, durante una importante parte del año se dispone de una excesiva radiación solar. El incremento de la intensidad máxima y la mayor duración del periodo solar originan un excesivo aumento de la temperatura del aire en los invernaderos solares con sistemas de

climatización pasivos. En muchos invernaderos se reduce la radiación neta disponible mediante el encalado de la cubierta del invernadero (Valera *et al.*, 2016). Se aplica una solución acuosa con carbonato cálcico que queda sobre el plástico de cubierta reduciendo drásticamente su transmisividad, como consecuencia del incremento del coeficiente de reflexión (López-Martínez *et al.*, 2019; Moreno-Teruel *et al.*, 2020). En zonas frías, como el norte y centro de Europa, o durante el periodo invernal en la región mediterránea, existe una deficiencia de luz, tanto desde el punto de vista energético (radiación neta) como desde las necesidades del cultivo (radiación PAR). Para maximizar la radiación neta disponible dentro del invernadero se puede aumentar la transmisividad de la cubierta mediante nuevos materiales con mayor transmisividad (Moreno-Teruel *et al.*, 2021) o utilizando invernaderos con una geometría que mejore la captación de radiación (invernadero con cubierta de tipo gótico o invernaderos Venlo de cristal). El aumento de la anchura de los módulos del invernadero también permite mejorar la captación de luz, aunque ello puede reducir la resistencia estructural de las ventanas cuando se aumenta proporcionalmente su tamaño.

1.2. Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

La radiación PAR es la fracción de luz con una longitud de onda comprendida entre 400 y 700 nm que utilizan las plantas para la fotosíntesis (Carruthers *et al.*, 2001; Kalaji *et al.*, 2014). La densidad de flujo de fotones fotosintéticos (*Photosynthetic photon flux density*, PPF) se define como la densidad de flujo de fotones de radiación PAR. Los sensores de radiación PAR miden la velocidad a la que los moles ($6,02 \times 10^{23}$ cuantos) de PAR impactan en un área unitaria ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) (Carruthers *et al.*, 2001).

La radiación PAR es la fuente de energía más importante para las plantas, aunque si su intensidad es demasiado alta o demasiado baja puede convertirse en un factor de estrés, causando fotoinhibición y alterando el proceso fotosintético (Howarth y Durako, 2013). Durante el día, la radiación PAR cambia constantemente y las plantas tratan de mantener un equilibrio entre la conversión de la energía radiante y la protección del aparato fotosintético contra la fotoinhibición (Demmig-Adams *et al.*, 1995; Bertamini y Nedunchezian, 2003).

Los plásticos de cubierta de los invernaderos y el uso del blanqueo que reducen la intensidad de la luz tienden a atenuar ciertas longitudes de onda más que otras, por lo que pueden afectar a la calidad de la luz (Figura 2).

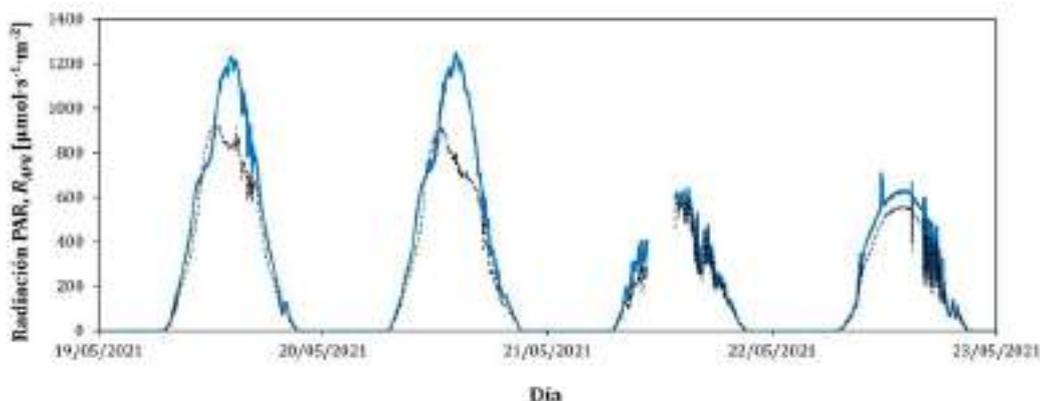


Figura 2. Evolución de la radiación PAR en un invernadero con doble-techo estándar (---) y uno con un plástico fotoconversor de espectro (—), dos días antes y después de realizar el encalado de la cubierta de un invernadero multitúnel en Almería

La proporción de radiación interceptada por el cultivo, denominada eficiencia de intercepción de radiación (*Radiation Interception Efficiency*, RIE), cambia durante el ciclo del cultivo con el crecimiento de las plantas (Lecoeur y Ney, 2003), ya que es proporcional al índice de área foliar (*Leaf Area Index*, LAI) y la arquitectura del dosel vegetal (Lake *et al.*, 2021). La absorción selectiva de diferentes longitudes de onda de PAR por pigmentos fotosintéticos, junto con la heterogeneidad en la distribución espectral de la luz, hacen que el efecto de la radiación dependa de la calidad lumínica (Hill, 1996).

1.3. Temperatura del aire

La temperatura del aire (Figura 3) depende del balance energético dentro del invernadero. Los principales factores de diseño del invernadero que afectan a la temperatura del aire son la geometría y material de la cubierta, la capacidad de ventilación y las características del suelo (Molina-Aiz *et al.*, 2017b; Reyes-Rosas *et al.*, 2017). La geometría de la cubierta del invernadero afecta a la captación de energía solar que calienta las superficies dentro del invernadero (principalmente plantas y suelo). El material de cubierta afecta doblemente a la temperatura dentro del invernadero. De una parte, sus características espectrales afectan a la transmisividad de radiación solar (que calienta el invernadero durante el periodo diurno) y a la emisión de radiación infrarroja (que enfría el invernadero, principalmente por la noche en ausencia de luz solar). De otra parte, influye en el intercambio de calor por conducción-convección a través de las paredes y del techo del invernadero. Por lo tanto, el material de cubierta es un factor determinante en el balance térmico del invernadero (Molina-Aiz *et al.*, 2017b; Reyes-Rosas *et al.*, 2017) y en las necesidades de calefacción y refrigeración de este (Kim *et al.*, 2022). Para reducir las necesidades de calefacción se deben utilizar materiales de cubierta con una baja conductividad térmica, como las cubiertas de cristal o de plástico doble infladas, y estructuras lo más herméticas posibles.

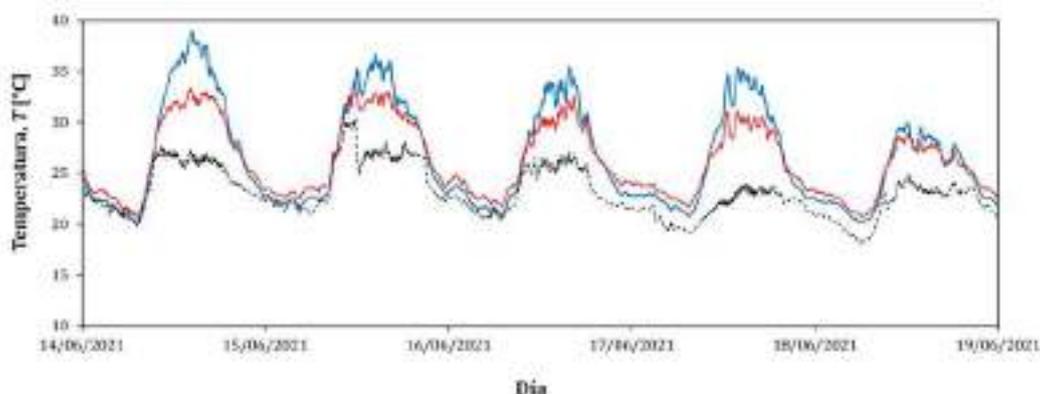


Figura 3. Evolución de la temperatura del aire exterior (----) e interior en un invernadero multitúnel de Almería a 1 m (—) y 2 m de altura (—)

La temperatura del aire afecta no solo al crecimiento, sino también al metabolismo nutricional de las plantas, que está relacionado con la actividad fotosintética (Liu *et al.*, 2017). Para la mayoría de los cultivos hortícolas, su rendimiento es adecuado en un amplio rango de temperaturas, aunque el equilibrio neto de la fotosíntesis disminuye cuando la temperatura aumenta excesivamente debido a un aumento de la respiración. Un incremento de la temperatura entre 5 y 10 °C por encima del óptimo puede producir un impacto notable en la fotosíntesis neta (Carnejo *et al.*, 2005). La temperatura óptima del cultivo está estrechamente

relacionada con su rendimiento y puede ser una variable importante a la hora de seleccionar una variedad u otra de cultivo (Santiago *et al.*, 1998).

La temperatura media es fundamental en el desarrollo de los cultivos hortícolas, ya que a temperaturas medias diarias próximas a 30 °C se producen reducciones del número de frutos, del porcentaje de fructificación y del peso de los frutos. Esta reducción en el rendimiento se debe principalmente a la disminución de la viabilidad del polen por exceso de temperatura (Sato *et al.*, 2002, 2006).

En el área mediterránea, el exceso de temperatura de la primavera al otoño puede reducir la capacidad productiva de los cultivos (Kittas *et al.*, 1995). Por esta razón, es necesario reducir la temperatura dentro de los invernaderos mediante diferentes sistemas de refrigeración que dependerán de las condiciones climáticas, la tecnología y los recursos disponibles (Bakker *et al.*, 2008). Los invernaderos de la provincia de Almería que emplean sistemas de refrigeración por evaporación de agua rondan el 20%, siendo el más utilizado el de nebulización, debido a las peculiaridades de los invernaderos de la zona, como la anchura excesiva y la falta de hermeticidad (Valera *et al.*, 2016). Los sistemas de refrigeración por evaporación de agua también se asocian con un aumento de la humedad relativa dentro del invernadero, siendo deseables en zonas de clima seco (Arbel *et al.*, 1999; González-Real *et al.*, 2007). La combinación de la reducción de la temperatura y el aumento de la humedad relativa hace que los sistemas de refrigeración sean más eficientes que otros sistemas de control climático como las mallas de sombreo o la ventilación forzada (Luchow y Von Zabeltitz, 1992). Los sistemas de nebulización son menos eficientes que los sistemas de paneles evaporativos y ventiladores (Katsoulas *et al.*, 2009). Sin embargo, su menor costo de instalación los hace más atractivos para su uso en invernaderos (Luchow y Von Zabeltitz, 1992). El uso de sistemas de paneles evaporativos con extractores permite reducir hasta 3 °C la temperatura dentro del invernadero con respecto a la exterior (López *et al.*, 2012). Sin embargo, este sistema produce condiciones climáticas poco uniformes, con gradientes de temperatura de 0,10–0,27 °C m⁻¹ en la dirección del flujo de aire (Arbel *et al.*, 2003) sobre todo cuando se trasplanta el cultivo a finales de agosto (López *et al.*, 2010).

1.4. Temperatura del cultivo

La temperatura del cultivo es uno de los principales parámetros que determinan su comportamiento fisiológico. Esta temperatura depende del balance energético en las hojas del cultivo, de forma que la planta adapta su temperatura en función de la energía radiactiva que intercepta (Figura 4). Durante el día, las plantas reciben una gran cantidad de energía solar y pierden calor por el proceso de transpiración mediante el cual los tejidos de la planta liberan agua que al evaporarse absorbe una gran cantidad de calor latente. Por la noche, la planta pierde energía en forma de radiación infrarroja (también denominada radiación térmica) y reduce el proceso de transpiración.

En función de las condiciones ambientales, el valor de la suma de estos dos términos de intercambio energético de la planta con el ambiente puede generar un exceso de energía o un déficit. Cuando la radiación es excesiva y la planta no puede eliminar mucho calor latente por transpiración, porque no disponga de suficiente agua en el suelo (falta de riego) o porque la superficie foliar sea escasa (en las primeras etapas de desarrollo), se puede generar una

situación de estrés térmico en la que la planta aumenta mucho su temperatura (por encima de la del ambiente) para poder perder el exceso de calor en forma de calor sensible.



Figura 4. Imagen real (a) y termografía (b) de plantas de pepino en un invernadero multitúnel de Almería en el periodo invernal (10/12/2021)

En el periodo invernal, cuando la temperatura ambiente es baja, el cultivo reduce la transpiración, para poder mantener su temperatura lo más elevada posible (Figura 4). Ello supone que la planta cierra las estomas (aumentando la resistencia estomática) para evitar la pérdida de agua, lo que repercute negativamente en una menor actividad fotosintética, y como consecuencia de ello en una menor capacidad productiva. En condiciones de riego y desarrollo del cultivo adecuados, las hojas pueden tener una temperatura inferior a la del ambiente cuando la radiación solar no es excesiva (Figura 5).

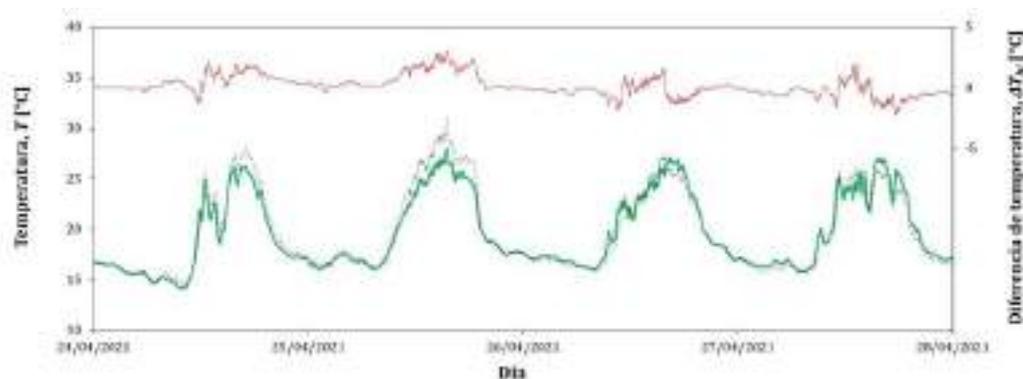


Figura 5. Evolución de la temperatura de las hojas de tomate (—), del aire (----) y diferencia entre las temperaturas del cultivo y el aire (—) en un invernadero multitúnel de Almería

Aproximadamente la mitad de la energía solar disponible en la parte superior de un dosel puede ser interceptada y absorbida por las hojas de un cultivo con índice de área foliar $LAI < 2 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ (Yang *et al.*, 1990). Baille *et al.* (2001) observaron como la utilización del blanqueo en invernaderos puede reducir a la mitad la transmisividad media τ_c de la cubierta (de $\tau_c=0,62$ a $0,31$), lo que produce una disminución proporcional de la resistencia estomática del dosel vegetal. Como consecuencia se incrementa ligeramente la tasa de transpiración (alrededor de un 18%) mientras que la diferencia de temperatura entre las plantas y el aire cambia

drásticamente (de 3 a -2 °C). Así, en un invernadero solar tipo Almería blanqueado ($\tau_c=0,40-0,47$), la temperatura de un cultivo de melón descendía 6-8 °C por debajo de la del aire debido a la insuficiente radiación solar (Molina-Aiz, 2010). Fargues *et al.* (2005) también observaron valores de la temperatura media en las hojas de un cultivo de tomate de 0,8 a 2,8 °C inferior a la del aire.

El perfil de temperatura del cultivo suele invertirse por la mañana porque la mayor parte de la energía solar es interceptada y absorbida por las hojas de la parte superior del dosel (Tchamitchian, 1993). Esta situación suele durar solo un pequeño periodo de tiempo por la mañana debido a la refrigeración evaporativa de las hojas de la parte superior (Yang *et al.*, 1989). Para elevados niveles de radiación solar, la energía absorbida supera al calor latente, resultando en un incremento de la temperatura del cultivo (Stanghellini, 1987; Marcelis, 1989). Sin embargo, para bajos niveles de radiación las hojas están más frías que el aire (Figura 5), ya que la energía absorbida por radiación es inferior a la perdida por transpiración. En el caso de los cultivos tropicales como la papaya, una forma de aumentar la temperatura del cultivo es rodeándola con mantas térmicas, lo que permite aumentar la temperatura mínima en 1 °C (Honoré *et al.*, 2020a).

1.5. Temperatura del suelo

La temperatura del suelo es también un parámetro microclimático de gran interés para el cultivo en invernadero, debido a las diversas y complejas interacciones que se producen entre las plantas y el suelo (Ehrenfeld *et al.* 2005; van der Putten *et al.* 2013; Heinze *et al.*, 2017). En el suelo, muchos factores abióticos (físicos, químicos y bioquímicos) y bióticos (organismos vivos del suelo) interaccionan con las raíces (Mokany *et al.* 2006). Como resultado del efecto de la temperatura del suelo sobre los procesos fisicoquímicos y biológicos del suelo (Heinze *et al.*, 2016), y sobre el intercambio de gases con la atmósfera (Onwuka y Mang, 2018), la temperatura del suelo afecta al crecimiento y desarrollo de los cultivos (Sabri *et al.*, 2018). La temperatura del suelo también influye en la germinación de las semillas y la acumulación de materia seca en los primeros brotes de los cultivos. La temperatura óptima del suelo varía en función del cultivo, siendo de 25 °C para el tomate y entre 25 y 30 °C para el pimiento y la berenjena (Chermnih, 1971).

La temperatura del suelo varía diariamente y a lo largo del año (Onwuka y Mang, 2018) como consecuencia de los cambios en la energía radiante y en el movimiento del aire a través de la superficie del suelo, que determina el intercambio de calor por convección (Elias *et al.*, 2004; Molina-Aiz *et al.*, 2017b). Los principales factores que influyen en la temperatura del suelo son la cantidad de radiación que alcanza la superficie del suelo (Geiger *et al.*, 2003), el color del suelo (Sándor *et al.*, 2012) o el tipo de acolchado que se utiliza (Martias y Musil, 2012; Elizaberashvili *et al.*, 2010; Reyes-Rosas *et al.*, 2017), el contenido de materia orgánica (Abu-Hamdeh y Reeder, 2000) y la cantidad de agua evaporada (Lu *et al.*, 2019).

El suelo constituye un importante almacenamiento de calor, actuando como un depósito de energía durante el día y fuente de calor hacia la superficie por la noche suelo (Onwuka y Mang, 2018). Dos de los factores que determinan la cantidad de calor disipado en el suelo son el contenido de humedad y su densidad aparente (Abu-Hamdeh, 2003). Así, la temperatura del suelo se puede aumentar mediante el uso de microtúneles, en 0,5-1,2 °C en la superficie del

suelo y en 0,5-0,6 °C a 20 cm de profundidad (López-Martínez *et al.*, 2021). La temperatura de la superficie del suelo también se puede incrementar colocando acolchados plásticos negros, con un gran coeficiente de absorción a la radiación solar (Figura 6). Por el contrario, el uso de un acolchado con arena, utilizado tradicionalmente en los suelos arenados de los invernaderos de Almería, permite aumentar la reflexión del suelo y disminuir así la temperatura de su superficie. Por el contrario, el flujo de calor a través del suelo (hacia abajo durante el día y hacia arriba durante la noche) no se ve muy afectado por el uso de uno u otro tipo de acolchado (Figura 6).

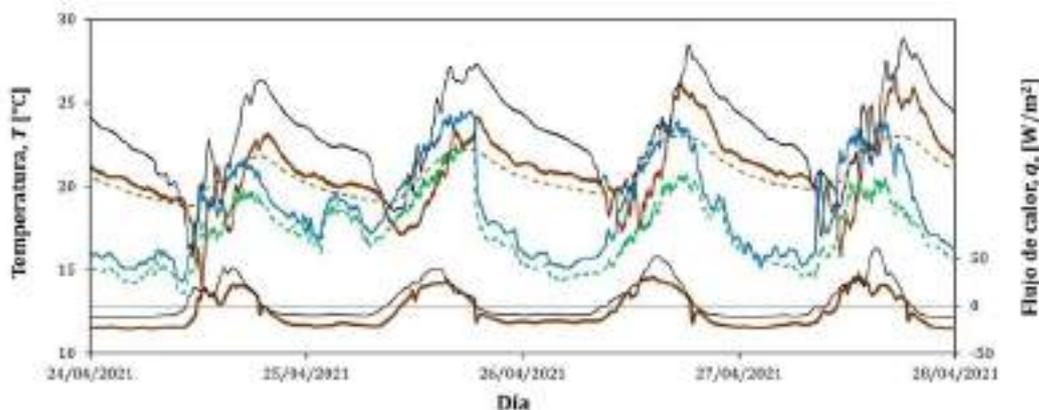


Figura 6. Evolución de la temperatura de la superficie del suelo y del flujo de calor en invernaderos multitúnel con suelo arenado (—) y con acolchado de polipropileno negro (—). Temperatura del suelo a 0,1 m de profundidad en suelo arenado (---) y temperatura del aire exterior a 2 m (—) y 6 m (---) de altura

1.6. Velocidad del aire

El movimiento del aire dentro de los invernaderos se produce por los procesos de convección natural, debido a los gradientes de temperatura en el aire interior que originan variaciones en su densidad, y por convección forzada, cuando el aire se mueve por el impulso exterior del viento (ventilación natural) o mediante ventiladores (ventilación forzada). En condiciones de ventilación natural el aire se mueve dentro del invernadero a velocidades entre 0,1 y 0,3 m·s⁻¹ (Molina-Aiz, 2010), oscilando en función de las variaciones de la intensidad del viento exterior (Figura 7).

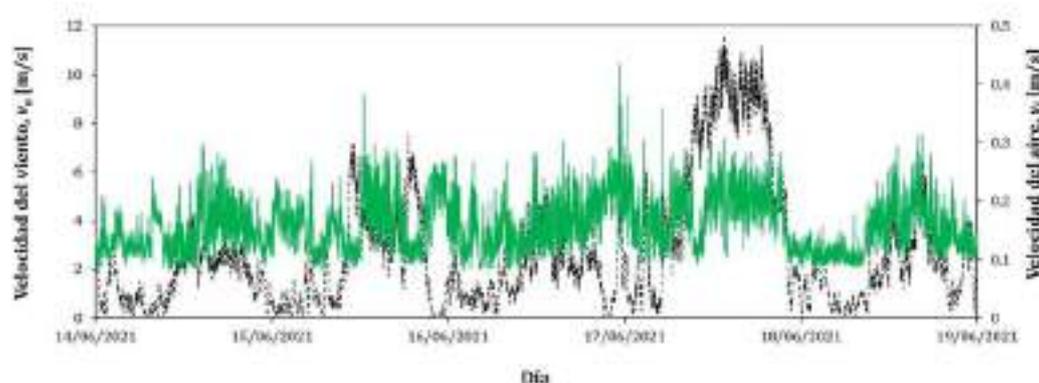


Figura 7. Velocidad del viento medida a 9 m de altura (----) y velocidad del aire dentro de un invernadero multitúnel con cultivo de tomate en su interior (—)

El movimiento del aire dentro del invernadero está relacionado con todos los procesos de intercambio de energía y materia (vapor de agua y CO₂) entre el aire y las plantas (Shibuya y Kozai, 1998; Kitaya *et al.*, 2003; Molina-Aiz *et al.*, 2020a) por lo que es fundamental su

conocimiento (Sase, 2006). Cuando la velocidad del aire interior es insuficiente, se produce un estancamiento del aire que conlleva una reducción del intercambio de energía del suelo y del dosel vegetal con el aire (aumentando la temperatura), de vapor de agua (incrementando la humedad y descendiendo la transpiración) y de CO₂ (disminuyendo la fotosíntesis). La fotosíntesis neta y la tasa de transpiración aumentan significativamente a medida que la velocidad del aire aumenta de 0,01 a 0,2 m s⁻¹ (Kitaya *et al.*, 2003).

Sin embargo, un incremento excesivo de la velocidad del aire puede provocar una elevada transpiración del cultivo, que en algunos casos podría generar situaciones de estrés hídrico. Como respuesta del cultivo ante estas situaciones se puede producir un cierre de las estomas que revierte en una reducción del intercambio de CO₂ con el aire, y por tanto una disminución de su actividad fotosintética. En condiciones de bajas temperaturas, el aumento de la velocidad del aire también puede reducir la temperatura del cultivo.

1.7. Humedad del aire

La humedad del aire es un factor importante en el clima del invernadero ya que afecta a los procesos de transpiración y fotosíntesis, y puede favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas. En general la humedad dentro de los invernaderos se controla en base a la gestión de la humedad relativa (HR), cuya evolución está estrechamente relacionada con la temperatura del aire. Durante las horas centrales del día, su valor baja a valores del 20-40%, subiendo por la noche al 80-90% (Figura 8) y alcanzando incluso condiciones de saturación (100%) durante el invierno en invernaderos cerrados con cultivos bien desarrollados.

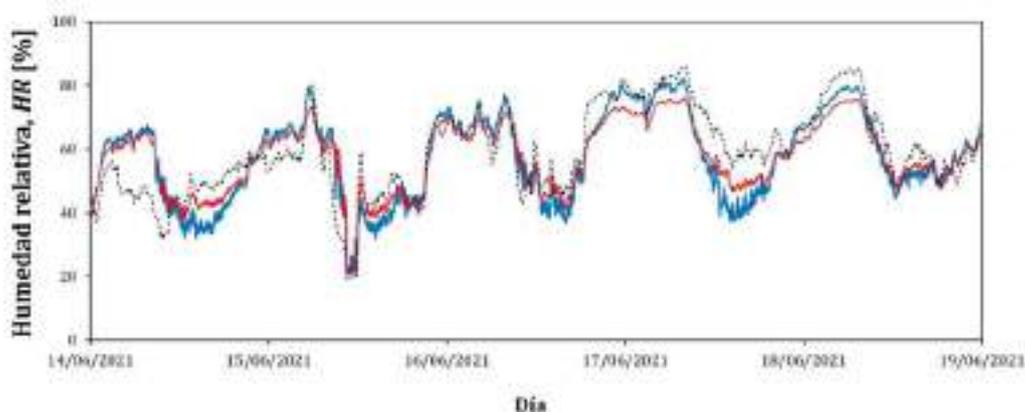


Figura 8. Evolución de la humedad relativa exterior (----) y en el interior de un invernadero multitúnel en Almería a 1 m (—) y 2 m de altura (—) con un cultivo de tomate en su interior

En cultivos con valor comercial de las hojas, como lechuga y plantas ornamentales, un aumento de la humedad puede contribuir a la pérdida de producción, calidad y valor comercial (Hand, 1988). Dado que, por lo general, un elevado nivel de humedad dentro del invernadero no suele afectar de forma apreciable al crecimiento de la mayoría de los cultivos hortícolas, este parámetro climático a menudo no se tiene en consideración, priorizando la gestión de la temperatura ambiente (Mortensen, 2000).

Sin embargo, el control de la humedad es muy importante para lograr una producción de alta calidad. Bajo condiciones no adecuadas de humedad, el crecimiento de algunos cultivos puede disminuir (Mortensen, 1986) y se pueden producir cambios anatómicos y alteraciones o retrasos en el desarrollo de las plantas (Hand *et al.*, 1996; Mortensen, 2000). Valores altos de humedad

en el aire pueden incluso afectar negativamente a la asimilación de algunos macronutrientes (Gilsleröd *et al.*, 1987). La mejor forma de controlar la humedad en los invernaderos es a través del déficit de presión de vapor (DPV) del aire (diferencia entre la presión parcial existente en el aire y la que se alcanzaría en caso de saturación a la temperatura del aire). El aumento del DPV nocturno (de 0,27 a 0,86 kPa) favorece la floración y el desarrollo de frutos, mientras que, en el periodo diurno, valores bajos del DPV favorecen el cuajado de los frutos. Sin embargo, un excesivo DPV, con condiciones de HR demasiado bajas, pueden conducir al estrés hídrico de las plantas (Körner y Challa, 2003).

En general, los agricultores controlan la humedad interior en los invernaderos solares únicamente gestionando la ventilación natural y en casos muy concretos, reduciendo la fertirrigación del cultivo o incluso regando la superficie de los pasillos. En invernaderos altamente tecnificados, con sistemas de calefacción y controladores automatizados del clima, se puede gestionar la calefacción y la apertura de las ventanas en función de las humedades interior y exterior. El principal inconveniente del uso de la calefacción es que en ocasiones el control de la humedad puede contrarrestar las medidas de ahorro de energía dentro de regímenes dinámicos de temperatura (Körner y Challa, 2003).

Una humedad relativamente baja (55-75%) permite aumentar la tasa de asimilación neta de las plantas (van de Sanden y Veen, 1992) debido al incremento de la conductancia estomática (Torre *et al.*, 2001) que facilita los procesos de intercambio de vapor de agua (transpiración) y CO₂ (fotosíntesis) entre las plantas y el aire. La medida continua de la tasa de transpiración permite mejorar el control de la humedad relativa cuando se utilizan sistemas de humidificación (Suzuki *et al.*, 2015). Una humedad alta (75-95%) puede producir efectos beneficiosos, como un incremento de la superficie individual de las hojas (van de Sanden y Veen, 1992), aunque también puede originar efectos adversos sobre la floración, el cuajado y el crecimiento de frutos de cultivos como el pimiento (Bakker, 1989). La humedad relativa entre el 50-70% se considera óptima para la polinización del tomate, ya que valores cercanos al 90% pueden disminuir la viabilidad del polen por estrés térmico (Peet *et al.*, 2002).

Una de las principales razones para el control de la humedad en los invernaderos es evitar la incidencia de enfermedades fúngicas (Körner y Challa, 2003). Aunque los agricultores utilizan fungicidas, el desarrollo de resistencias o la imposibilidad de su uso por restricciones medioambientales (Köhl *et al.*, 2000) hace necesario el uso de alternativas para la gestión del clima como el uso de modelos de epidemiología de las enfermedades (Tantau y Lange, 2003). Mediante un modelo de microclima del invernadero se pueden estimar los períodos de condensación y secado de las hojas, controlando el clima del invernadero para evitar la incidencia de enfermedades fúngicas (Körner y Holst, 2005).

1.8. Concentración de CO₂

La ventilación de los invernaderos solares en climas cálidos es el principal método de control climático durante todo el año. El flujo de aire a través de las ventanas influye directamente en la distribución de la temperatura y la humedad del aire interior. Sin embargo, un aspecto fundamental es la distribución del CO₂ generado por la circulación del aire exterior dentro del invernadero. El contenido de CO₂ en el área ocupada por las plantas y la radiación PAR disponible son los dos factores básicos que determinan la actividad fotosintética del cultivo.

El aumento en la concentración de CO₂ pueden mejorar el rendimiento y la acumulación de materia seca en cultivos hortícolas como el tomate, pimiento y pepino (Mortensen, 1987; Hicklenton y Jolliffe, 1978; Vafiadis *et al.*, 2012; Segura *et al.*, 2001). Desde 2011, la concentración atmosférica de CO₂ ha ido aumentando progresivamente, alcanzando un promedio anual de 410 ppm en 2019 (IPCC, 2021). El aumento del nivel de CO₂ atmosférico como resultado de las emisiones antropogénicas está causando un efecto de fertilización carbónica, es decir, un incremento de la fotosíntesis de las plantas (Zak *et al.*, 2011) que mejora el crecimiento y desarrollo de los cultivos (IPCC, 2020). A estas concentraciones atmosféricas, la mejora de la ventilación natural puede ayudar a aumentar la concentración de CO₂ dentro del invernadero (Molina-Aiz *et al.*, 2020a). Por lo general, con una adecuada ventilación se pueden conseguir durante el día concentraciones dentro del invernadero próximas a la exterior, mientras que, al cerrar el invernadero por la noche, la concentración puede alcanzar valores muy elevados de 450-470 ppm (Figura 9), como consecuencia de la respiración de las plantas.

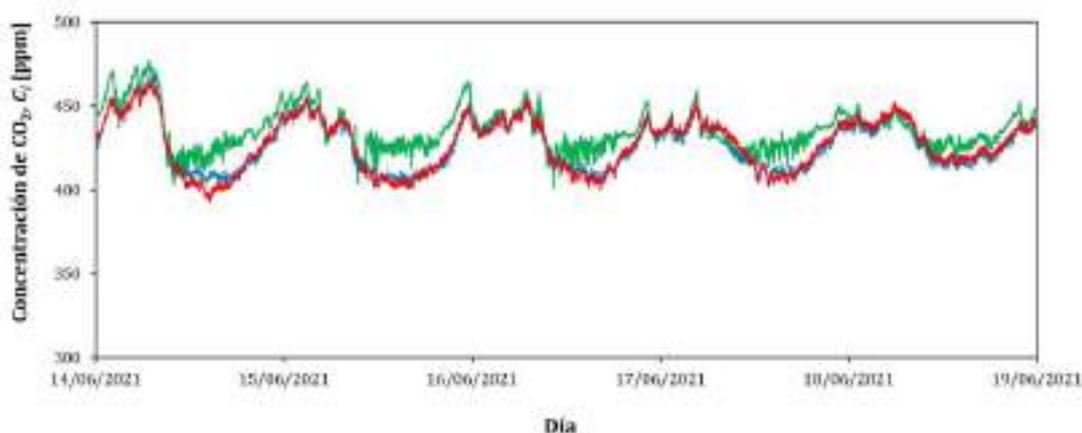


Figura 9. Evolución de la concentración de CO₂ en el centro de un invernadero multitúnel en Almería a 2 m de altura (—) (—) y a 1 m (—) con un cultivo de tomate en su interior

Aunque la superficie de ventilación media con respecto a la superficie de suelo se ha incrementado en los invernaderos que se construyen actualmente, todavía está muy por debajo de los valores recomendados del 30% (Molina-Aiz, 2010). El aumento de la superficie de ventilación disponible supondría una mejora sustancial en la capacidad de enfriamiento y suministro natural de CO₂, lo que sin duda afectaría positivamente a la producción (Molina-Aiz *et al.*, 2020b).

La distribución del CO₂ (Figura 10) se puede predecir mediante simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD), tanto en invernaderos con enriquecimiento de carbono (Roy *et al.*, 2014) como ventilados naturalmente (Molina-Aiz *et al.*, 2017a).

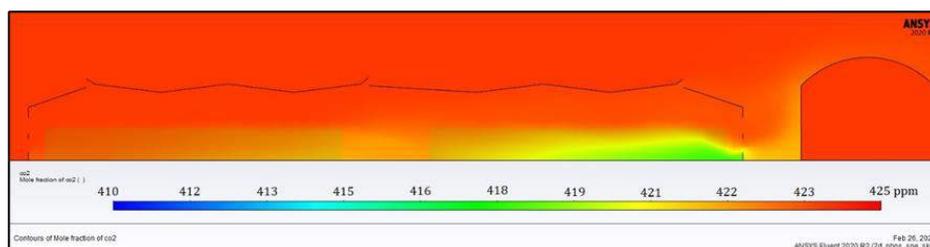


Figura 10. Distribución de la concentración de CO₂ en un invernadero solar tipo Almería simulada mediante CFD

2. Tipos de invernaderos

Los invernaderos españoles se pueden clasificar en tres categorías según el tipo de estructura y el nivel de tecnificación (MAPA, 2020a).

2.1. Invernaderos elementales

Los invernaderos elementales presentan las siguientes características (MAPA, 2020a):

- Estructura simple, con cubierta plana (Figura 11) o a dos aguas, con pilares de madera (Figura 12a) o tubos metálicos (Figura 12b).
- Cubierta sencilla de lámina plástica o con malla anti-insectos.
- Ventilación lateral manual sin ventilación cenital (Figura 12).
- Generalmente la altura de estas estructuras no supera los 2,8 m.

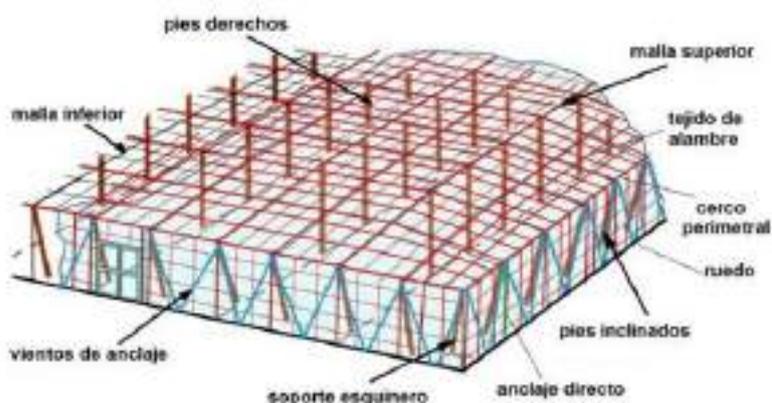


Figura 11. Invernadero elemental con estructura plana, denominado «parral plano»



Figura 12. Imagen interior de invernaderos elementales sin ventilación cenital, con estructura plana y pilares de madera (a) y con estructura a dos aguas de tubos metálicos (b)

2.2. Invernaderos sencillos

Los invernaderos sencillos (Figura 13) se caracterizan por las siguientes cualidades (MAPA, 2020a):

- Estructura metálica con tubos de acero galvanizado (Figura 14a-b).
- Cubierta de lámina plástica (Figura 14a) o de malla anti-insectos (Figura 14b).
- Ventilación lateral y cenital (Figura 14a).
- Pueden tener un sistema de calefacción.
- Altura superior a 2,8 m, en algunos casos puede alcanzar los 6 m (Plataneras para cultivo del plátano en Canarias).

2. Tecnología de producción



Figura 13. Invernadero sencillo de tipo Almería con estructura en «raspa y amagado»

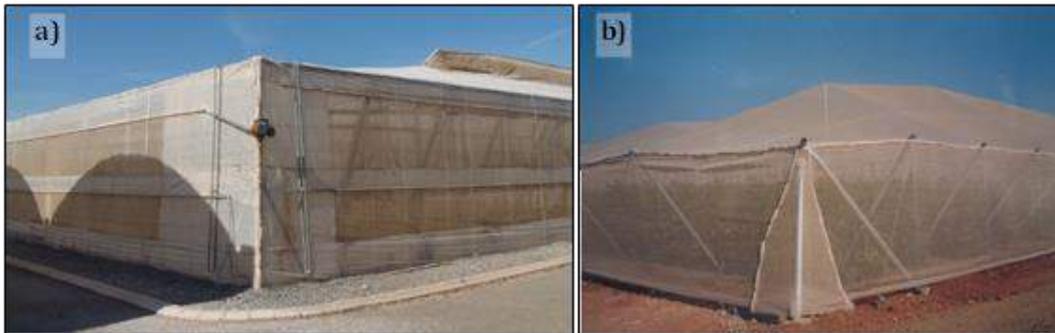


Figura 14. Imagen de invernaderos sencillos con pilares metálicos de tipo Almería en «raspa y amagado» con ventilación lateral y cenital (a) y con cubierta de malla anti-insectos (b)

2.3. Invernaderos tecnificados

Se consideran invernaderos de alta tecnología aquellos que cumplen con las siguientes características (MAPA, 2020a):

- Estructura rígida de acero u hormigón, a menudo multicapilla (Figura 15).
- Cubierta semirrígida o rígida (Figura 16) o incluso con doble cubierta interior.
- Ventilación automática lateral y cenital, incluso forzada.
- Sistemas de calefacción y de control de humedad.
- Sistemas de fertirrigación en hidroponía o sustrato.
- Altura superior a 3 m.

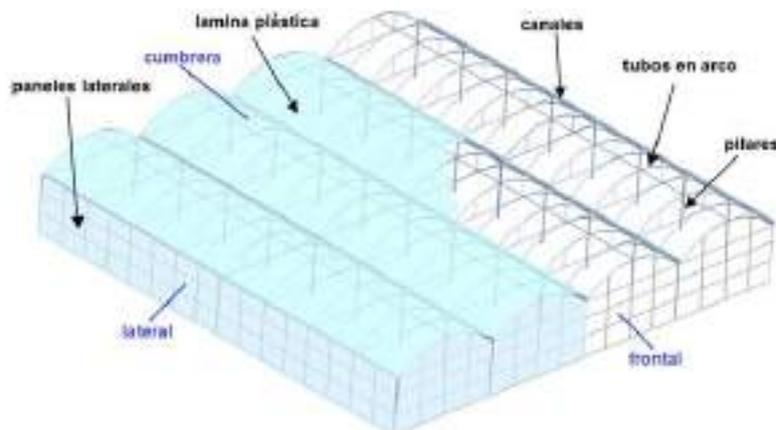


Figura 15. Invernadero de alta tecnología de estructura multitúnel

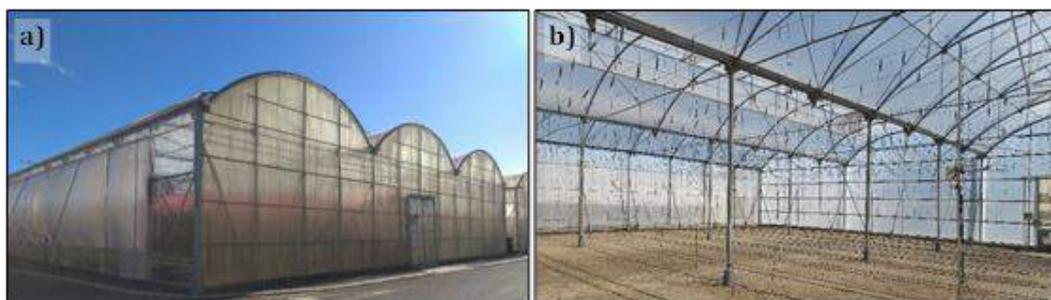


Figura 16. Imágenes de invernaderos de alta tecnología con una estructura multitúnel del exterior con pared frontal rígida de policarbonato (a) e interior con paredes flexibles (b)

2.4. Características tecnológicas de los invernaderos

La mayoría de los invernaderos de Almería cultivan en un suelo artificial con acolchado de arena (Tabla 1), denominado suelo "arenado" (Valera *et al.*, 2016). La altura máxima de los invernaderos oscilaba entre 3,7 y 4,3 m y la mínima entre 2,8 m y 3,5 m dependiendo de las zonas. El 82% de los invernaderos tienen puertas dobles como medida de control de plagas. La mayoría de los invernaderos tienen algún tipo de aberturas de ventilación cenitales fijas, pero el 4,7% (Valera *et al.*, 2016) carecen totalmente de ventilación cenital y el 90% de los invernaderos tienen ventilación lateral, con control manual. Las mallas anti-insectos se utilizan en las aberturas de ventilación del 96% de los invernaderos, y solo el 3% de ellos tienen sistemas de control de clima automatizados (JA, 2021c).

Tabla 1. Características de los invernaderos en la región andaluza en 2019 (JA, 2020)

Características	% invernaderos
Tipo de suelo	
Suelo arenado	82,8
Suelo natural	9,4
Sustratos	6,7
Estructura del invernadero	
Invernadero «parral plano» (Figura 11)	25,0
Invernadero tipo Almería en «raspa y amagado» (Figura 13)	72,2
Invernadero multitúnel (Figura 15)	1,7
Otros	1,1

El porcentaje de invernaderos multitúnel (1,7%) es similar al de invernaderos con control climático (3%), y con los catalogados por el ministerio de agricultura como altamente tecnificados (2,8%).

El tamaño medio de las explotaciones de invernaderos andaluzas es de 2,3 ha (Tabla 2), y la edad media de los agricultores es de 45 años, un 29% con menos de 40 años y un 8,8% con más de 60 años. Solo el 16,2% de los agricultores son mujeres (JA, 2020).

Tabla 2. Características de las explotaciones de invernadero en la región andaluza y en sus principales zonas de producción en 2019 (JA, 2020)

Característica	Andalucía	Campo de Dalías	Campo de Níjar y Bajo Andarax	Zona costera	Otras áreas
Superficie media de las explotaciones (m ²)	23 508	24 556	28 442	11 069	28 623
Número de invernaderos por explotación	2,8	2,9	2,5	2,4	2,7
Superficie media del invernadero (m ²)	6 920	7 479	7 918	3 778	3 649

3. Superficie y producción de los invernaderos en España

España con 71 783 ha (Tabla 3) es el país con mayor superficie invernada en la Unión Europea, por delante de Italia (42 800 ha), Francia (11 500 ha), Polonia (6 750 ha) y Países Bajos (4 836 ha) (RRFA, 2021; STATISTA, 2021).

3.1. Distribución de los invernaderos en España

La mayor parte de los cultivos en invernaderos españoles se concentra en las regiones de Andalucía (76,8%), Murcia (9,0%) y Canarias (7,7%) (Tabla 3). En el último año registrado (2020) se observa un incremento de 1 000 ha de superficie cultivada (Tabla 3). La mayor parte de los invernaderos son de tipo sencillo (55,7%) o elementales (41,4%) con muy pocos altamente tecnificados (2,8%). La mayor parte de los invernaderos españoles funcionan únicamente con el aporte de energía solar, por lo que se les denomina invernaderos solares (CT, 2021; EUCOFEL, 2021).

Tabla 3. Superficie cultivada en los diferentes tipos de invernaderos en las regiones de España en los años 2019 y 2020 (MAPA, 2021 y 2022)

Regiones	ELE * [ha]	SEN [ha]	TEC [ha]	Total		ELE [ha]	SEN [ha]	TEC [ha]	Total	
				[ha]	%				[ha]	%
Año	2019					2020				
Galicia	202	244	35	481	0.7	172	275	35	482	0.7
Asturias	1	78	31	110	0.2	1	81	31	113	0.2
Cantabria	35	1	0	36	0.1	2	23		25	0.0
País Vasco	78	211	17	306	0.4	78	211	17	306	0.4
Navarra	313	95	129	537	0.8	147	238	129	514	0.7
La Rioja	40	0	0	40	0.1	40	0	0	40	0.1
Aragón	202	37	0	239	0.3	204	35	15	254	0.4
Cataluña	358	569	40	966	1.4	379	551	49	979	1.4
Baleares	51	77	0	128	0.2	51	75	0	126	0.2
Castilla y León	29	125	60	214	0.3	45	76	99	219	0.3
Madrid	49	31	84	163	0.2	63	31	84	177	0.2
C. La Mancha	18	51	0	69	0.1	18	51	0	69	0.1
C. Valenciana	344	643	86	1 073	1.5	377	719	86	1 183	1.6
Murcia	3 520	2 542	314	6 376	9.0	3 573	2 601	316	6 491	9.0
Extremadura	78	77	0	155	0.2	102	73	0	175	0.2
Andalucía	22 950	29 785	1 167	53 902	76.2	23 822	30 148	1 169	55 138	76.8
Canarias	648	5 261	40	5 948	8.4	660	4 811	20	5 491	7.7
España	28 917	39 825	2 002	70 744	100	29 736	39 998	2 049	71 783	100.0

* ELE – Elementales, SEN – Sencillos y TEC – Tecnificados

Los invernaderos andaluces (Figura 17) se distribuyen en la costa de Granada y Málaga, y principalmente en Almería, con tres zonas de producción (Campo de Dalías, Campo de Níjar y Bajo Andarax), situadas también en la costa mediterránea, en la parte de la provincia con una orografía más llana. El 82,5% de los invernaderos andaluces se concentra en la provincia de Almería (32 234 ha), alrededor de las zonas del Campo de Dalías (21 913 ha), el Campo de Níjar y el Bajo Andarax (8 695 ha) (JA, 2021c). La superficie de invernaderos hortícolas en Andalucía alcanzó las 38 987 ha en 2020 (JA, 2021c), excluyendo la superficie de la provincia de Huelva, ya que se corresponde en su mayor parte con diferentes estructuras de túnel, unas 9 735 ha, donde se cultivan varios tipos de frutos rojos (MAPA, 2020b). La superficie en las otras tres provincias fue de 3 668 ha en Granada, 1 220 ha en Cádiz y 996 ha en Málaga (JA, 2021c).



Figura 17. Distribución de las principales zonas productoras de invernaderos en Andalucía

3.2. Evolución de la superficie de invernaderos en España

La superficie de cultivos en invernadero ha aumentado en España un 11,7% en la última década, pasando de 63 335 ha en 2009 a 71 783 ha en 2020, principalmente por un incremento del 22,8% en la región andaluza, de 53 931 ha a 59 395 ha (Figura 18). La superficie de cultivos en invernaderos se ha mantenido más o menos estable en la Región de Murcia, aunque se produjo un aumento del 10,7% en el último año (siendo 6 491 ha en 2020), mientras que ha ido disminuyendo paulatinamente en Canarias (de 7 476 ha en 2009 a 5 491 ha en 2020).

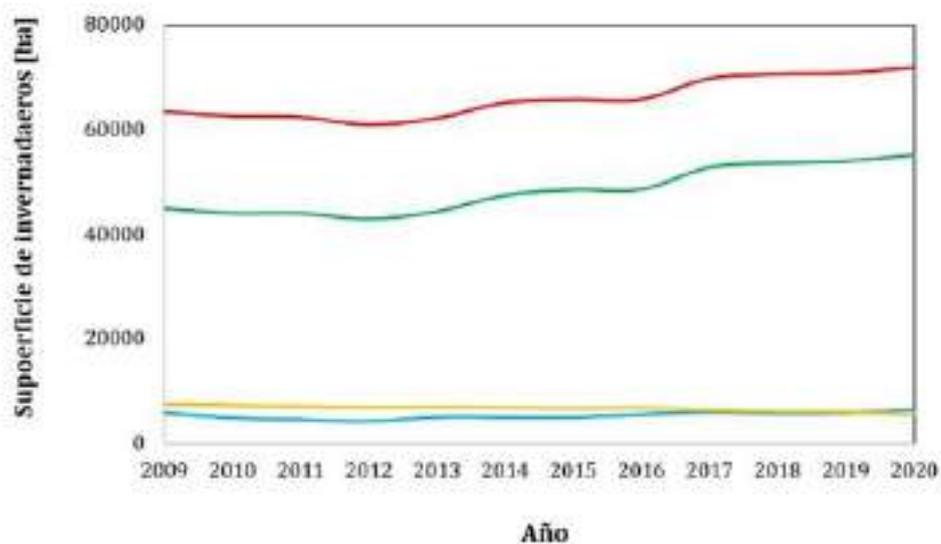


Figura 18. Evolución de la superficie de invernadero en España (—), Andalucía (—), Murcia (—) y Canarias (—). (MAPA, 2021; JA, 2021a; JA, 2021c; CREM, 2020b)

3.3. Producción de los cultivos en invernaderos

Los principales cultivos en los invernaderos españoles (Tabla 4) son el tomate (Figura 19a) y el pimiento (Figura 19b). En Canarias, el cultivo principal es el plátano con la mitad de su superficie de invernaderos.

Tabla 4. Superficie [ha] cultivada en invernadero en España en 2019 (MAPA, 2020a; ^aJA, 2020; ^bCREM, 2020a)

Cultivo	Murcia	Andalucía	Islas Canarias	España
Tomate	2 316 ^b	9 535 ^a	951	12 802 ^c
Pimiento	1 248 ^b	11 115 ^a	296	12 659 ^c
Pepino	172 ^b	7 349 ^a	0	7 521 ^c
Sandía	118 ^b	8 283 ^a	0	8 401 ^c
Calabacín	236 ^b	7 349 ^a	141	7 726 ^c
Melón	62 ^b	2 012 ^a	0	2 074 ^c
Berenjena	12 ^b	2 164 ^a	5	2 181 ^c
Judía verde	19 ^b	187 ^a	23	229 ^c
Lechuga	1	0	0	90
Fresa	0	7 850 ^d	0	7 933
Frambuesa	0	1 885 ^d	0	1 885
Plátano	0	0	3 085	3 085
Papaya	30 ^b	70	409	509 ^c
Mango	0	145	123	268
Maíz dulce	0	0	138	138
Piña	0	0	136	136
Aguacate	0	0	12	12
Flor	204	571	47	1 124
Semilleros	233	239	42	1 093
Total	5861 ^b	58754 ^c	5846 ^c	70 744

^c Calculado a partir de datos de las diferentes fuentes consultadas. ^d Cultivos en túneles bajos

En los últimos años, se están desarrollando nuevos cultivos, como la papaya (Figura 19c) como alternativa a los más tradicionales como el tomate (Honoré *et al.*, 2019a-2020b), que han reducido su producción (Tabla 5).



Figura 19. Cultivos de tomate (a), pimiento (b) y papaya (c) en invernaderos de Almería

3.4. Comercialización de la producción de los invernaderos

La horticultura en invernaderos (Tabla 6) es el sector más dinámico de la agricultura andaluza por su productividad económica y vocación exportadora. Almería generó en 2018 el 20% de la producción agraria andaluza y el 22% del valor de la producción agrícola (JA, 2020). Los invernaderos españoles son pioneros en la aplicación de técnicas de control biológico consistentes en el uso de insectos beneficiosos para combatir naturalmente las plagas, mientras

que los abejorros se utilizan cada vez más para la polinización natural de las flores (EUCOFEL, 2021). La producción hortofrutícola en los invernaderos solares está certificada con el más alto nivel de estándares de calidad como IFS (*International Featured Standards*) o GRASP (*GLOBAL G.A.P Risk Assessment on Social Practices*).

La superficie cultivada dentro de invernaderos en Andalucía en 2019 (46 813 ha, Tabla 5) fue mayor que la superficie real de suelo que ocupan (37 906 ha; JA, 2020) porque algunos agricultores produjeron dos cultivos diferentes en una misma campaña, un primer cultivo de otoño-invierno y un segundo cultivo de primavera-verano (Valera *et al.*, 2016).

Tabla 5. Superficie (S_G) y producción (P_G) de los cultivos, valor de la producción (V_P) y productividad (Y_C) en los invernaderos andaluces (Almería y Granada) en las últimas cinco campañas (JA, 2021b; ^aJA, 2021c)

Cultivo	Parámetros	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20 ^a
Tomate	S_G [ha]	14 126	13 425	13 795	12 762	8 633
	P_G [t]	1 436 907	1 337 903	1 337 696	1 174 338	796 187
	V_P [Miles €]	1 123 404	882 762	958 640	775 063	485 148
	Y_C [kg/m ²]	10,2	10,0	9,7	9,2	9,2
Pimiento	S_G [ha]	9 439	10 260	10 143	11 115	11 936
	P_G [t]	664 340	693 215	732 118	845 595	942 207
	V_P [Miles €]	604 549	506 047	563 731	659 564	734 921
	Y_C [kg/m ²]	7,0	6,8	7,2	7,6	7,9
Pepino	S_G [ha]	5 989	5 949	6 066	6 037	5 350
	P_G [t]	540 903	524 544	545 221	632 575	583 050
	V_P [Miles €]	380 844	288 686	286 872	366 893	317 517
	Y_C [kg/m ²]	9,0	8,8	9,0	10,5	10,8
Sandía	S_G [ha]	6 833	7 129	7 797	8 283	8 515
	P_G [t]	423 359	441 831	397 832	464 581	489 083
	V_P [Miles €]	146 202	208 930	117 391	227 645	239 651
	Y_C [kg/m ²]	6,2	6,2	5,1	5,6	5,7
Calabacín	S_G [ha]	7 490	7 863	7 755	7 349	7 611
	P_G [t]	428 425	445 057	452 035	455 846	478 869
	V_P [Miles €]	291 329	231 430	244 099	237 040	249 012
	Y_C [kg/m ²]	5,7	5,7	5,8	6,2	6,3
Melón	S_G [ha]	1 954	1 752	1 808	2 012	2 237
	P_G [t]	78 048	76 324	73 394	99 120	101 642
	V_P [Miles €]	32 362	42 991	34 904	55 507	56 920
	Y_C [kg/m ²]	4,0	4,4	4,1	4,9	4,5
Berenjena	S_G [ha]	2 300	2 150	2 209	2 164	2 391
	P_G [t]	184 161	168 046	181 130	190 614	227 910
	V_P [Miles €]	66 815	123 256	92 822	114 741	102 560
	Y_C [kg/m ²]	8,0	7,8	8,2	8,8	9,5
Judía verde	S_G [ha]	2 014	1 711	1 014	703	140
	P_G [t]	43 632	38 471	22 741	16 719	2 890
	V_P [Miles €]	73 613	57 477	41 720	28 590	4 794
	Y_C [kg/m ²]	2,2	2,3	2,3	2,4	2,1
Todos los cultivos	S_G [ha]	50 145	50 239	50 587	50 425	46 813
	P_G [t]	3 799 775	3 725 391	3 742 167	3 879 388	3 621 838
	V_P [Miles €]	2 719 118	2 341 579	2 340 179	2 465 043	2 190 523
	Y_C [kg/m ²]	7,6	7,4	7,4	7,7	7,7

En las últimas campañas, la producción de tomate en invernadero se redujo un 32% en superficie y 38% en cantidad producida, al igual que para la judía verde (Tabla 5, Figura 20). La reducción de la superficie cultivada de tomate y judía ha sido parcialmente compensada por aumentos en los otros seis cultivos principales (Tabla 5), con un aumento de la superficie dedicada al pimiento

2. Tecnología de producción

del 26% (Figura 20a). Debido a una reducción del 6,6% de la superficie cultivada en invernadero, la producción de cultivos en Andalucía disminuyó un 4,7% en los últimos cinco años (Tabla 6).

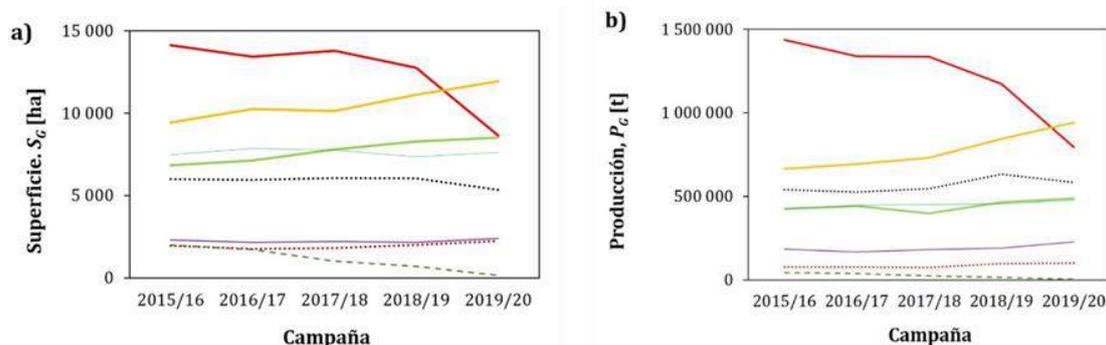


Figura 20. Evolución de la superficie de invernaderos (a) y de la producción de los principales cultivos (b) en Andalucía: tomate (—), pimiento (—), pepino (····), sandía (—), calabacín (—), melón (····), berenjena (—) y judía verde (- - -) (Datos de la Tabla 6)

Pese a que la productividad media de los invernaderos se ha mantenido en torno a 7,7 kg/m², el valor de la producción agrícola en los invernaderos andaluces descendió a 2 190 millones de euros en 2019/20, un 19,4% inferior al valor de 2015/16 (Tabla 5). Esta reducción del valor de producción se debe principalmente a la disminución de la superficie del cultivo de tomate (Figura 20a) y de su productividad (Figura 21b). La reducción de la productividad es una consecuencia directa de la creciente incidencia de la plaga *Tuta absoluta* (Meyrick). Esta plaga, originaria de América del Sur, se detectó por primera vez en el este de España a finales de 2006, convirtiéndose en una seria amenaza para la producción de tomate (Cabello *et al.*, 2012). La reducción de la superficie cultivada se ve afectada por esta disminución de la productividad del cultivo, así como por la creciente competencia del tomate de Marruecos. El cultivo de tomate ha sido sustituido por otros cultivos con un precio de venta más bajo como la sandía o el calabacín (Figura 22).

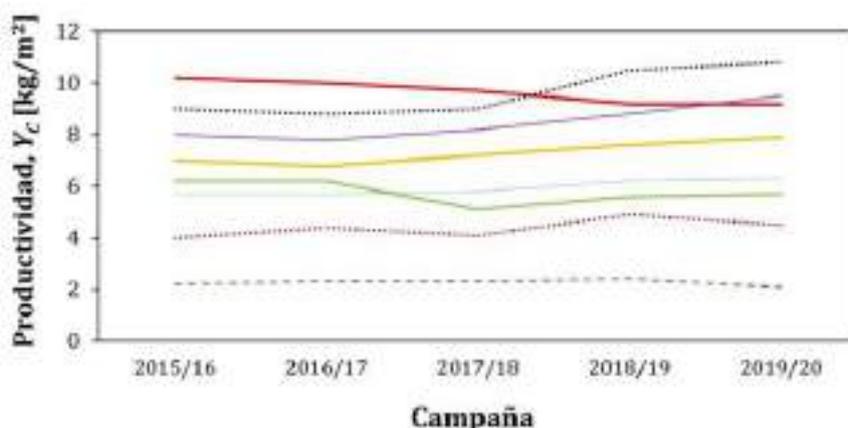


Figura 21. Evolución de la productividad de los cultivos en invernaderos en Andalucía: tomate (—), pimiento (—), pepino (····), sandía (—), calabacín (—), melón (····), berenjena (—) y judía verde (- - -) (Datos de la Tabla 6)

El aumento de la calidad en la producción y comercialización de frutas ha permitido mantener el precio medio de los cultivos de invernadero, con importantes variaciones de un año a otro, en función de las condiciones climáticas y la demanda del mercado (Tabla 6). El precio medio alcanzado por todas las principales hortalizas cultivadas bajo invernadero fue de 0,71 €/kg en

2019/20, ligeramente superior al registrado en el periodo anterior, e inferior al de la campaña 2016/17, la mejor campaña desde que hay registros (JA, 2020).

Tabla 6. Precio medio [€/kg] obtenido por los agricultores para la producción en invernadero en Andalucía (Almería y Granada) en las últimas cinco campañas (JA, 2021b)

Cultivo	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
Tomate estándar	0,45	0,66	0,52	0,61	0,57
Tomate <i>cherry</i>	0,93	1,28	1,21	1,12	1,12
Pimiento	0,86	0,91	0,73	0,77	0,78
Pepino	0,44	0,70	0,55	0,53	0,58
Sandía	0,34	0,35	0,47	0,30	0,49
Calabacín	0,47	0,68	0,52	0,54	0,52
Melón	0,47	0,41	0,56	0,48	0,56
Berenjena	0,36	0,73	0,51	0,60	0,45
Judía	1,37	1,69	1,49	1,83	1,71
Media	0,58	0,77	0,68	0,69	0,71

La exportación hortícola ha logrado mejorar los resultados en los últimos años tanto en volumen como en valor económico, gracias a una mejora en los estándares de calidad de la producción. El mayor grado de certificación de calidad del sector es GLOBAL G.A.P, presente en el 81% de las explotaciones (JA, 2021c). Esta norma ha sido exigida durante los últimos quince años por los clientes exportadores de las comercializadoras, principalmente holandeses y alemanes (JA, 2020).

4. Tecnologías para mejorar la fotosíntesis de los cultivos

El sector hortícola se está enfrentado en los últimos años a una difícil situación económica en la que la estabilidad en los precios de venta de los productos frente al paulatino incremento de los costes de producción de los cultivos en invernadero pone en riesgo la rentabilidad económica de la mayoría de las explotaciones (Valera *et al.*, 2017). Así en los invernaderos de Almería, el beneficio neto de explotación (considerando los costes variables, costes fijos, amortización y costes de inversión) llegó a ser negativo para la mayoría de los cultivos en las campañas de 2015 a 2017 (Honoré *et al.*, 2019b; Molina-Aiz *et al.*, 2020c). El principal coste de producción en los invernaderos de Almería, y en general en los invernaderos solares sin calefacción, es la mano de obra, que en el caso del tomate representó de media un 46% de los costes totales (Molina-Aiz *et al.*, 2020c).

4.1. Sistemas pasivos de control del clima

Los invernaderos solares se basan en el uso de dos energías renovables para la producción de cultivos hortícolas durante prácticamente todo el año. De una parte, los invernaderos son colectores en los que la radiación solar se utiliza para el desarrollo de los cultivos a través de la fotosíntesis y para el calentamiento del ambiente. De otra parte, los invernaderos necesitan un aporte de CO₂ y evacuar el exceso de energía radiante mediante la ventilación natural que se basa en una segunda fuente de energía renovable, la eólica. Los métodos pasivos de control climático implican cambios estructurales y de diseño que no requieren intervención externa

para funcionar (Figura 22). Los invernaderos en la región mediterránea suelen basarse mayoritariamente en el uso de estos sistemas pasivos de control climático (FAO, 2013).



Figura 22. Clasificación de diversos sistemas de control climático para invernaderos (adaptado de Sethi y Sharma, 2008), destacando los métodos pasivos (■)

El futuro de los invernaderos solares pasa por hacer frente a los grandes desafíos de la agricultura a nivel global y de la pérdida de rentabilidad del sector a escala local. Para ello una de las principales herramientas es la optimización de la fotosíntesis (de Boer y van Ittersum, 2018). Esto se puede conseguir mejorando la capacidad de refrigeración mediante el aumento de la superficie de ventilación que permita reducir parcial o totalmente el encalado de la cubierta. También es importante una mejor interceptación de luz de las estructuras (mayor pendiente de cubierta), el uso de plásticos difusos y conversores de espectro, la optimización de la geometría de las líneas de cultivo para permitir mayores valores de índice de área foliar y una mejor distribución de las hojas verticalmente.

4.2. Optimización de los sistemas de ventilación

La ventilación natural se basa en el movimiento de aire originado por el viento exterior (convección forzada) y por las variaciones de densidad del aire como consecuencia de las diferencias de temperatura (convección natural), por lo que no necesita un aporte exterior de energía (Molina-Aiz *et al.*, 2022). El uso de ventanas laterales junto con cenitales ha sido confirmado como el mejor diseño para una correcta ventilación en los invernaderos multitúnel (Kittas *et al.*, 1997; Kacira *et al.*, 2004; Bournet y Boulard, 2010; López *et al.*, 2011a-b; Espinoza *et al.*, 2017) y en los de tipo Almería (Pérez-Parra *et al.*, 2004; Molina-Aiz *et al.*, 2009-2011-2012). Vanthoor *et al.*, (2008) observaron mediante modelos un incremento productivo de 0,63% por cada 1% de aumento en la superficie de ventilación. El aumento de la productividad de cultivos de tomate gracias al incremento de la superficie de ventilación, también ha sido observado experimentalmente en invernaderos solares de tipo Almería y multitúnel (Valera *et al.*, 2020).

La insuficiente superficie de ventilación de la mayoría de los invernaderos solares ocasiona una importante reducción de la concentración de CO₂. En las zonas centrales de invernaderos de

Almería, donde la ventilación es más deficiente, la concentración de CO₂ puede llegar a valores de hasta 370 ppm (Figura 23), bastante por debajo de los valores medidos en el exterior de 420-430 ppm.

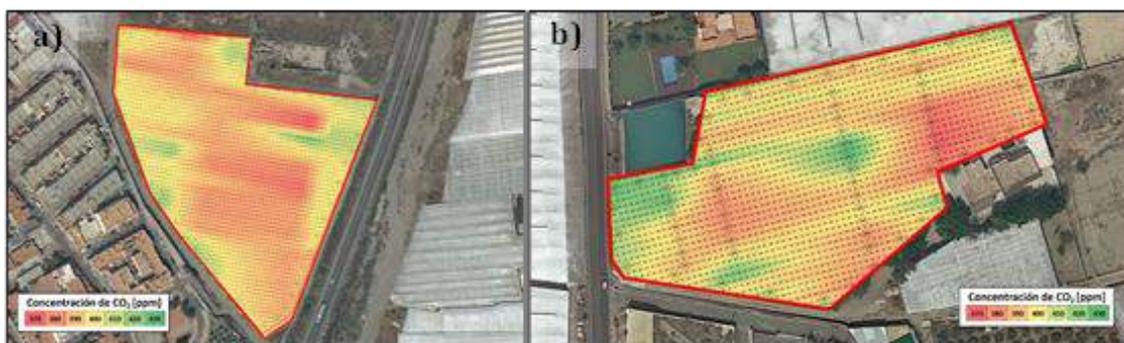


Figura 23. Distribución de CO₂ dentro de invernaderos solares de Almería de tipo «raspa y amagado» o sencillos (a) y «parral plano» o elementales (b)

4.3. Mejora de la radiación interior

Niveles de radiación insuficientes producen un estrés abiótico importante que limita el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos en invernaderos (Jiang *et al.*, 2017). Con poca luz incidente, las hojas del dosel vegetal tienen una tasa fotosintética neta extremadamente baja y una senescencia prematura (Acock *et al.*, 1978; Xu *et al.*, 1997; Frantz *et al.*, 2000), lo que se traduce en una disminución del crecimiento de las plantas y de su productividad (Frantz *et al.*, 2000; Steinger *et al.*, 2003). Generalmente, una disminución de la luz diaria acumulada del 1% conduce a una pérdida de rendimiento del 0,8-1% para la mayoría de los cultivos en invernadero (Marcelis *et al.*, 2006).

La utilización de nuevos materiales de cubierta con una mayor transmisividad y difusividad permite disponer de más radiación PAR durante el periodo invernal, lo que se traduce en mayores niveles de fotosíntesis y de producción de los cultivos (Moreno-Teruel *et al.*, 2021). Por otro lado, el uso de láminas plásticas coloreadas que modifican la calidad de la luz mediante la conversión de ciertas partes del espectro radiativo (Inada, 1976; Inada y Yasumoto, 1989; Hidaka *et al.*, 2008) también permiten aumentar la actividad fotosintética de las plantas. Los plásticos conversores del espectro transforman las longitudes de onda menos efectivas, como el verde o el amarillo, en el rango de longitud de onda roja o azul, donde la actividad fotosintética es más alta (Nishimura *et al.*, 2012). El uso de plásticos conversores de espectro como dobles techos interiores en invernaderos solares de Almería se ha mostrado efectivo en el aumento de la actividad fotosintética y la producción de cultivos de tomate (Molina-Aiz *et al.*, 2021).

4.4. Aumento de la reflexión de radiación en el suelo

El acolchado plástico del suelo influye en el control pasivo de la temperatura además de favorecer la lucha contra maleza e insectos, impedir la evaporación del agua de riego y reducir la humedad dentro del invernadero (Lamont, 2017). En función del coeficiente de reflexión del material de acolchado se puede modificar la temperatura ambiente y del suelo. Así, los acolchados con mayor poder de reflexión son los aluminizados y los negros con la cara superior pintada de blanco, con valores de 0,39 y 0,48, respectivamente (Ham *et al.*, 1993). En invierno se suelen utilizar acolchados de color negro (con un coeficiente de absorción de 0,96) que

aumentan la temperatura del aire en el suelo por medio de la conducción (Ham y Kluitenberg, 1994; Ham *et al.*, 1993; Reyes-Rosas *et al.*, 2017).

Sin embargo, el uso de acolchados plásticos en el suelo debe realizarse con precaución ya que puede influir en los patrones de vuelo de diferentes insectos dependiendo del color (Schalk *et al.*, 1979; Zitter y Simons, 1980). Los acolchados de color plateado pueden atraer al minador del tomate (*Keiferia lycopersidla*, Walshingham) y al gusano elotero (*Helicoverpa zea*, Boddie) (Schalk y Robbins, 1987). El uso de acolchado con la superficie aluminizada produjo una reducción de las poblaciones de thrips en cultivos de tomate y pimiento (Ham y Kluitenberg, 1994) y como consecuencia de la incidencia del virus del moteado del tomate (TSEV, *Tomato Spotted Wilt Virus*).

4.5. Reducción del blanqueo

La combinación de cubiertas “térmicas” (baja transmisividad a la radiación infrarroja de 0,7 μm a 1000 μm) y un adecuado sistema de ventilación natural permite mantener unas condiciones climáticas adecuadas dentro de los invernaderos solares de Almería durante la mayor parte del año (Figura 24). Unas condiciones de temperatura y humedad inadecuadas pueden provocar diversos desórdenes fisiológicos en los cultivos hortícolas (Savvas *et al.*, 2008). En condiciones de elevada temperatura y baja humedad del aire, como las que ocurren en los meses de junio y julio en los invernaderos de Almería, se puede producir podredumbre apical (*Blossom-End Rot*, BER) en cultivos como el tomate (Bertin *et al.* 2000).

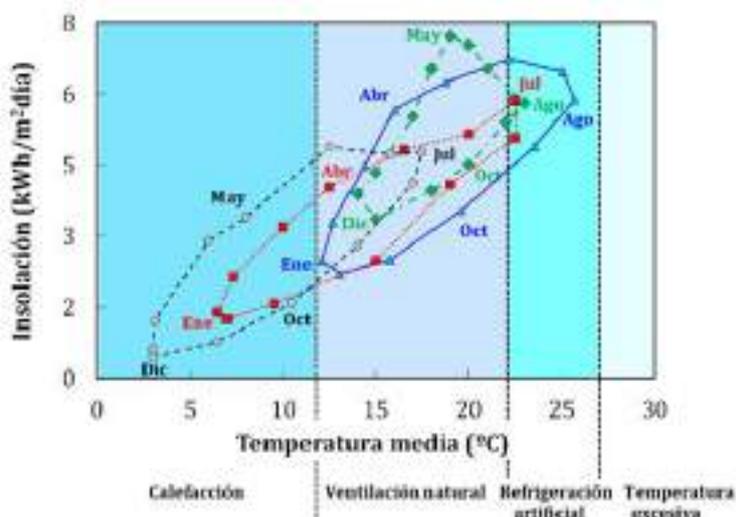


Figura 24. Insulación con respecto a la temperatura media diaria correspondiente a las ciudades de: Almería en España (▲) durante el periodo 1934-2003 (Molina-Aiz, 2010); Agadir en Marruecos (◆) durante el periodo 1971-2000 (Hassan, 2013); Toulouse en Francia (■) durante el periodo 1980-2009 (Felten *et al.*, 2011); De Bilt en Holanda (○) durante el periodo 1976-2005 (Klein Tank y Lenderink, 2009)

Para evitar este problema los invernaderos se blanquean con carbonato cálcico (CaCO_3) (denominado blanco de España) reduciendo su transmisividad y aumentando su coeficiente de reflexión a la radiación solar (Baille *et al.*, 2001). El blanqueo o encalado de la cubierta en los invernaderos de Almería se suele realizar con dosis del producto aplicado de 40/100 kg producto/L de agua (Valera *et al.*, 2016), lo que se corresponde con valores de transmisividad de la cubierta de aproximadamente 0,3-0,4 (López-Martínez *et al.*, 2019). El gran inconveniente del encalado de la cubierta es que se reduce la transmisividad a la radiación PAR y por lo tanto

la capacidad fotosintética de las plantas y la productividad del cultivo (Moreno-Teruel *et al.*, 2020). En los invernaderos comerciales de Almería estos valores pueden reducirse a 0,2-0,3 en los meses más cálidos de junio y julio (Figura 25).

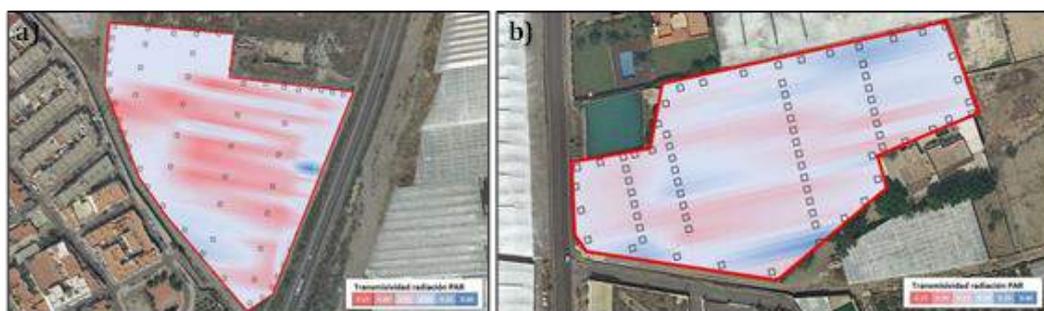


Figura 25. Distribuciones de la transmisividad de la cubierta medidas en invernaderos comerciales de tipo «raspa y amagado» (a) y «parral plano» (b) en julio de 2019

Los bajos valores de radiación PAR ocasionados por el blanqueo (Figura 25) junto con la reducción de la concentración de CO₂ (Figura 23) y las subidas de temperatura producidas por la deficiente ventilación disminuyen considerablemente la actividad fotosintética de las plantas, muy por debajo de su potencial máximo (Figura 26). Esto explica en parte la gran diferencia entre la capacidad productiva de los invernaderos de Almería con los de otras zonas productoras con condiciones climáticas más desfavorables (Figura 24). Así, el nivel medio de producción de tomate en ciclo largo en Almería es de 16,8 kg/m², aunque los agricultores con mejores rendimientos llegan a los 20,9 kg/m², tanto en invernaderos tecnificados como sencillos (Valera *et al.*, 2016). Estos niveles productivos están muy por debajo de las producciones que se obtienen en invernaderos altamente tecnificados del Norte de Europa o América de 55 kg/m² de tomate (Hendricks, 2012; Heuts *et al.*, 2012; van Zundert, 2012) o incluso de los valores que se llegan a obtener en invernaderos de China de 20-35 kg/m² (Costa *et al.*, 2004). Sin embargo, estos sistemas productivos generan un impacto medioambiental muy superior con necesidades de energía global (*Global Energy Requirement*) del orden de 50-80 MJ kg⁻¹, muy superiores a los generados en los invernaderos solares españoles de 5 MJ kg⁻¹ (Torrellas *et al.*, 2012).

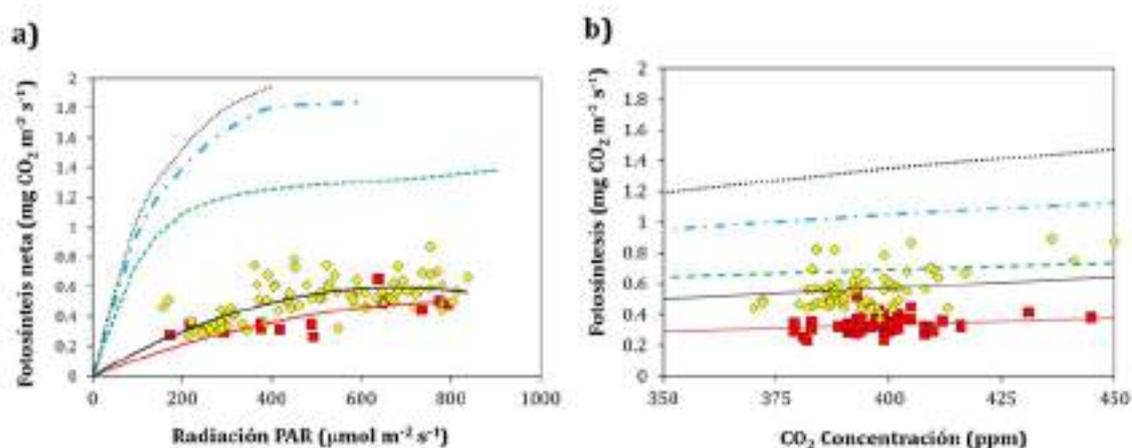


Figura 26. Fotosíntesis en función de la radiación PAR (a): medida en tomate en invernaderos de Almería para concentraciones de CO₂ de 370-380 ppm (■) y 400-410 ppm (◇) con temperaturas de 20-30 °C y simulada por Gijzen (1992) para 350 ppm (---), 500 ppm (----) y 700 ppm (.....) a 25 °C. Fotosíntesis en función de la concentración de CO₂ (b) medida para valores de radiación PAR de 200-300 (■) y 700-800 µmol·m⁻²·s⁻¹ (◇) y simulada para 75 (---), 150 (----) y 300 µmol·m⁻²·s⁻¹ (.....)

Bibliografía

- Abu–Hamdeh, N.H.; Reeder, R.C. (2000). Soil thermal conductivity effects of density, moisture, salt concentration and organic matter. *Soil science society of America Journal*, 64 (4): 1285–1290.
- Abu–Hamdeh, N.H. (2003). Thermal properties of soils as affected by density and water content. *Biosystems engineering*, 86 (1): 97–102.
- Acock, B.; Charles-Edwards, D.A.; Fitter, D.J.; Hand, D.W.; Ludwig, L.J.; Wilson, J.W. (1978). The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: an experimental examination of two canopy models. *Journal of Experimental Botany*. 29 (4): 815–827.
- Allen, R. (2005). Penman–Monteith Equation. En: D. Hillel (Eds.), *Encyclopedia of Soils in the Environment*. (pp. 180-188). Academic Press, Elsevier.
- Arbel, A.; Barak, M.; Shklyar, A. (2003). Combination of forced ventilation and fogging systems for cooling greenhouses. *Biosystems Engineering*, 84: 45–55.
- Arbel, A.; Yekutieli, O.; Barak, M. (1999). Performance of a Fog System for Cooling Greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering*, 72: 129–136.
- Baille, A.; Kittas, C.; Katsoulas, N. (2001). Influence of whitening on greenhouse microclimate and crop energy partitioning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107: 293–306.
- Bakker, J.C. (1989). The effects of air humidity on flowering, fruit set, seed set and fruit growth of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annum L.*), *Scientia Horticulturae*, 40 (1): 1-8.
- Bakker, J.C.; Van Uffelen, J.A.M. (1988). The Effects of Diurnal Temperature Regimes on Growth and Yield of Glasshouse Sweet Pepper. *The Netherlands Journal of Agricultural Science*, 36 (3): 201-208.
- Bakker, S.; Adams, S.; Boulard, T.; Montero, J.I. (2008). Innovative technologies for an efficient use of energy. *Acta Horticulturae*, 15, 25–36.
- Bertamini, M.; Nedunchezian, N. (2003). Photoinhibition of photosynthesis in mature and young leaves of grapevine (*Vitis vinifera L.*). *Plant Science*. 164 (4): 635-644.
- Bertin, N.; Guichard, S.; Leonardi, C.; Longuenesse, J.J.; Langlois, D.; Navez, B. (2000). Seasonal evolution of the quality of fresh glasshouse tomatoes under Mediterranean conditions as affected by air vapour pressure deficit and plant fruit load. *Annals of Botany*, 85: 741-750.
- Bournet, P.E.; Boulard, T. (2010). Effect of ventilator configuration on the distributed climate of greenhouses: A review of experimental and CFD Studies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74: 195–217.
- Cabello, T.; Gallego, J.R.; Fernandez, F.J.; Gamez, M.; Vila, E.; Pino, M.D.; Hernandez-Suarez, E. (2012). Biological control strategies for the South American tomato moth (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, 105 (6): 2085–2096.

- Camejo, D.; Rodríguez, P.; Morales, M.A.; Del'Amico, J.M.; Torrecillas, A.; Alarcón, J.J. (2005). High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. *Journal of Plant Physiology*, 162: 281–289.
- Carruthers, T.J.B.; Longstaff, B.J.; Dennison, W.C.; Abal, E.G.; Aioi K. (2001). Chapter 19 - Measurement of light penetration in relation to seagrass. En: Short F.T.; Coles R.G. (Eds.), *Global Seagrass Research Methods* (pp. 369-392). Elsevier Science.
- Chermnih, L.N. (1971). Effect of soil temperature on the growth and productivity of seedlings, grown in electric-heated hotbeds and plastic plant-growing structures. *Acta Horticulturae*, 17: 153-165.
- Costa, J.M.; Heuvelink, E.; Botden, N. (2004). *Greenhouse Horticulture in China: Situation and Prospects*. Horticultural Production Chains Group. Wageningen University. Wageningen, Países Bajos.
- CREM (2020a). Región de Murcia. 19. Superficie de las tierras de cultivo en invernaderos según tipo de cultivo y municipios. Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM). Portal estadístico de la Región de Murcia. https://econet.carm.es/inicio/-/crem/sicrem/PU590/pdf/sec20_c1.pdf Acceso: 10 March 2022.
- CREM (2020b). Región de Murcia. 3. Evolución de la superficie de cultivos en invernaderos acolchados y con riego localizado. Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM). Portal estadístico de la Región de Murcia. https://econet.carm.es/web/crem/inicio/-/crem/sicrem/PU_datosBasicos/pdf/sec50.pdf Acceso: 10 March 2022.
- CT (2021). EU Solar greenhouse fruit and vegetables production: the green ally to mitigate climate change. CuTE-SOLAR. European Commission and the European Research Executive Agency (REA). https://cutesolar.eu/wp-content/uploads/2021/01/F_V-GLOBAL-WARMING-EN.pdf Acceso: 10 March 2022.
- de Boer, I.J.M.; van Ittersum, M.K. (2018). *Circularity in agricultural production*. Wageningen University & Research. Wageningen. Acceso: 10 March 2022.
- Demmig-Adams, B.; Adams, W.I. (1996). Xanthophyll cycle and light stress in nature: uniform response to excess direct sunlight among higher plant species. *Planta*. 198: 460–470.
- Dik, A.J.; Wubben, J.P. (2007). Epidemiology of *Botrytis cinerea* diseases in greenhouses. En: Elad Y.; Williamson B.; Tudzynski P.; Delen N. (Eds.), *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Springer, Dordrecht.
- Dugas, W.A.; Wallace, J.S.; Allen, S.J.; Roberts, J.M. (1993). Heat balance, porometer, and deuterium estimates of transpiration from potted trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, 64. 1–2: 47-62.
- Eden, M.A.; Hill, R.A.; Beresford, R.; Stewart, A. (1996). The influence of inoculum concentration, relative humidity, and temperature on infection of greenhouse tomatoes by *Botrytis cinerea*. *Plant Pathology*, 45 (4): 795-806.
- Ehrenfeld, J.G.; Ravit, B.; Elgersma, K. (2005). Feedback in the plant-soil system. *Annual Review of Environment and Resources*, 30: 75–115.

2. Tecnología de producción

- Elias, E.A.; Cichota, R.; Torraiani, H.H.; de Jong van Lier, Q. (2004). Analytical soil temperature model: correction for temporal variation of daily amplitude. *Soil science society of America Journal*, 68 (3):784–788.
- Elizaberashvili, E.S.; Urashadze, T.F.; Elizaberashvili, M.E.; Elizbarashvili, S.E.; Schaefer, M.K. (2010). Temperature regime of some soil types in Georgia. *Eurasian Soil Science*, 43 (4): 427–435.
- Espinoza, K.; López, A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F.D.; Torres, J.A.; Peña, A. (2017). Effects of ventilator configuration on the flow pattern of a naturally ventilated three-span Mediterranean greenhouse. *Biosystems Engineering*, 164: 13-30.
- EUCOFEL (2021). CuTE – Cultivating the taste of Europe. Press dossier. Fruit Vegetables EUROPE (EUCOFEL).
https://www.fruitvegetableseurope.eu/images/press/EN/CuTE_PressDossier_EN.pdf
Acceso: 10 March 2022.
- FAO (2013). Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas. FAO Plant Production and Protection paper 217. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma (Italia).
- Fargues, J.; Smits, N.; Rougier, M.; Boulard, T.; Ridray, G.; Lagier, J.; Jeannequin, B.; Fatnassi, H.; Mermier, M. (2005). Effect of microclimate heterogeneity and ventilation system on entomopathogenic hyphomycete infection of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) in Mediterranean greenhouse tomato. *Biological Control*, 32: 461–472.
- Felten, B.; Duru, M.; Martin, G.; Sautier, M. (2011). Changement climatique en Midi-Pyrénées et conséquences sur la croissance de l'herbe. *Projet Climfourrel. Midi- Pyrénées. Série Les Focus PSDR3*. 8 pp. (<http://www.opcc-ctp.org/etudes/FOCUS-CLIMFOUREL-CC.pdf>)
Acceso: 10 March 2022.
- Frantz, J.M.; Joly, R.J.; Mitchell, C.A. (2000). Intra-canopy lighting influences radiation capture, productivity, and leaf senescence in cowpea canopies. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125: 694–701.
- Geiger, R.; Aron, R.N.; Todhunter, P. (2003). *The climate near the ground*. Springer.
- Gijzen, H. (1992). Simulation of photosynthesis and dry matter production of greenhouse crops. CABO-DLO Research report. Centre for Agrobiological Research. Wageningen, Países Bajos.
- Gisleröd, H.R.; Selmer-Olsen, A.R.; Mortensen, L.M. (1987). The effect of air humidity on nutrient uptake of some greenhouse plants. *Plant Soil*, 102: 193–196
- González-Real, M.M.; Baille, A.; Gutiérrez Colomer, R.P. (2007). Leaf photosynthetic properties and radiation profiles in a rose canopy (*Rosa Hybrid* L.) with bent shoots. *Scientia Horticulturae*, 114: 177–187.
- Grimstad, S.O.; Frimanslun, E. (1993). Effect of different day and night temperature regimes on greenhouse cucumber young plant production. flower bud formation and early yield. *Scientia Horticulturae*, 53 (3): 191-204.

- Ham, J.; Kluitenberg, G. (1994). Modeling the effect of mulch optical properties and mulch–soil contact resistance on soil heating under plastic mulch culture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 71 (3–4): 403-424.
- Ham, J.; Kluitenberg, G.; Lamont, W. (1993). Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118 (2): 188-193.
- Hand, D.W. (1988). Effects of atmospheric humidity on greenhouse crops. *Acta Horticulturae*, 229: 143-158.
- Hand, D.W.; Langton, F.A.; Hannah, M.A.; Cockshull, K. (1996). Effects of humidity on the growth and flowering of cut-flower chrysanthemums (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev). *Journal of Horticultural Science*, 71: 227-234.
- Harel, D.; Fadida, H.; Slepoy Gantz, S.; Shilo, K. (2014). The effect of mean daily temperature and relative humidity on pollen. fruit set and yield of tomato grown in commercial protected cultivation. *Agronomy*, 4: 167-177
- Hassan, D. (2013). *Présentation du Climat & Etudes Climatiques. Maroc Meteo. Proyecto CLIMATIQUE. Programa de Cooperación Transfronteriza España-Marruecos (POCTEFEC). Seminario sobre los Efectos del Cambio Climático en los Recursos Naturales del área de Cooperación Territorial del Atlántico. 6 y 7 de marzo de 2013. Tenerife (España). 18 pp.*
- Heinze, J.; Gensch, S.; Weber, E.; Joshi, J. (2017). Soil temperature modifies effects of soil biota on plant growth. *Journal of Plant Ecology*, 5: 808–821.
- Hendricks, P. (2012). *Life Cycle Assessment of greenhouse tomato (Solanum lycopersicum L.) production in southwestern Ontario. Tesis Doctoral. University of Guelph. Ontario (Canadá).*
- Heuts, R.F.; Van Loon, J.; Schrevels, E. (2012). Life cycle assessment of different heating systems for glasshouses tomato production in Flanders. Belgium. *Acta Horticulturae*, 957: 107-114.
- Hicklenton, P.R.; Jolliffe, P. (1978). Effects of greenhouse CO₂ enrichment on the yield and photosynthetic physiology of tomato plants. *Canadian Journal of Plant Science*, 58, 801-817.
- Hidaka, K.; Yoshida, K.; Shimasaki, K.; Murakami, K.; Yasutake, D.; Kitano, M. (2008). Spectrum conversion film for regulation of plant growth. *Journal of the Faculty of Agriculture. Kyushu University*, 53 (2): 549-552.
- Hill W. (1996). Chapter 5 - Effects of Light. En: Jan Stevenson R.; Bothwell M.L.; Lowe R.L.; (Eds), *Aquatic Ecology. Algal Ecology.* (pp. 121-148). Academic Press.
- Honoré, M.N.; Belmonte-Ureña, L.J.; Navarro-Velasco, A.; Camacho-Ferre, F. (2019a). The production and quality of different varieties of papaya grown under greenhouse in short cycle in Continental Europe. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (10): 1789.

2. Tecnología de producción

- Honoré, M.N.; Belmonte-Ureña, L.J.; Navarro-Velasco, A.; Camacho-Ferre, F. (2019b). Profit analysis of papaya crops under greenhouses as an alternative to traditional intensive horticulture in southeast Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16: 2908.
- Honoré, M.N.; Belmonte-Ureña, L.J.; Molina-Aiz, F.D.; Camacho-Ferre, F. (2020a). Effect on temperature of lightweight plant cover enveloping papaya fruit (*Carica papaya* L.) in a naturally ventilated Mediterranean greenhouse. *Acta Horticulturae*, 1296: 323-332.
- Honoré, M.N.; Belmonte-Ureña, L.J.; Navarro-Velasco, A.; Camacho-Ferre, F. (2020b). Effects of the size of papaya (*Carica papaya* L.) seedling with early determination of sex on the yield and the quality in a greenhouse cultivation in continental Europe. *Scientia Horticulturae*, 265: 109218.
- Howarth, J.F.; Durako, M.J. (2013). Diurnal variation in chlorophyll fluorescence of *Thalassia testudinum* seedlings in response to controlled salinity and light conditions. *Marine Biology*, 160 (3): 591-605.
- Inada, K.; Yasumoto, Y. (1989). Effects of light quality, daylength and periodic temperature variation on the growth of lettuce and radish plants. *Japanese Journal of Crop Science*, 58 (4): 689-694.
- Inada, K. (1976). Action spectra for photosynthesis in higher plants. *Plant and Cell Physiology*, 17 (2) 355–365.
- IPCC (2020). Climate change and land. Summary for Policymakers. International Panel on Climate Change (IPCC). 41 pp. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf Acceso: 10 March 2022.
- IPCC (2021). Climate change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. International Panel on Climate Change (IPCC). 42 pp. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf Acceso: 10 March 2022.
- JA (2020). Caracterización del sector agrario y pesquero de Andalucía. 2020. Junta de Andalucía (JA). Consejería de Agricultura. Ganadería. Pesca y Desarrollo Sostenible. 284 pp. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/estudios_informes/19/12/Fichas%202020_publicable.pdf Acceso: 10 March 2022.
- JA (2021a). Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras de Andalucía. Años 2010-2019. Junta de Andalucía (JA). <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturaganaderiapescaydesarrollosostenible/servicios/estadistica-cartografia/anuarios.html> Acceso: 10 March 2022.
- JA (2021b). Observatorio de precios y mercados. Datos básicos de producto. Hortícolas protegidos. 2020. Junta de Andalucía (JA). <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/observatorio/servlet/FrontController?action=List&table=11114&page=2#> Acceso: 10 March 2022.

- JA (2021c). Caracterización del sector agrario y pesquero de Andalucía. 2021. Junta de Andalucía (JA). Consejería de Agricultura. Ganadería. Pesca y Desarrollo Sostenible. 494 pp. https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2021-12/LIBRO_AGRICULTURA_LR.pdf Acceso: 10 March 2022.
- Jacob, D.; David, D.R.; Sztjenberg, A.; Elad, Y. (2008). Conditions for development of powdery mildew of tomato caused by *Oidium neolycopersici*. *Phytopathology*, 98 (3): 270-281.
- Jiang, B.; Liang, S. (2018). Land Surface Net Radiation. En: Shunlin Liang (Eds.), *Comprehensive Remote Sensing* (pp. 304-331). Elsevier.
- Jiang, C.; Johkan, M.; Hohjo, M.; Tsukagoshi, S.; Ebihara, M.; Nakaminami, A.; Maruo, T. (2017). Photosynthesis, plant growth and fruit production of single-truss tomato improves with supplemental lighting provided from underneath or within the inner canopy. *Scientia Horticulturae*, 222: 221-229.
- Kacira, M.; Sase, S.; Okushima, L. (2004). Effects of side vents and span numbers on wind-induced natural ventilation of a gothic multi-span greenhouse. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 38: 227-233.
- Kalaji, H.M.; Jajoo, A.; Oukarroum, A.; Brestic, M.; Zivcak, M.; Samborska, I.A.; Cetner, M.D.; Łukasik, I.; Goltsev, V.; Ladle, R.J.; Dąbrowski, P.; Ahmad, P. (2014). Chapter 15 - The Use of Chlorophyll Fluorescence Kinetics Analysis to Study the Performance of Photosynthetic Machinery in Plants. En: Ahmad P.; Rasool S. (Eds.), *Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance* (pp. 347-384). Academic Press.
- Katsoulas, N.; Kittas, C. (2008). Impact of greenhouse microclimate on plant growth and development with special reference to the Solanaceae. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2 (1): 31-44.
- Katsoulas, N.; Savvas, D.; Tsirogiannis, I.; Merkouris, O.; Kittas, C. (2009). Response of an Eggplant Crop Grown under Mediterranean Summer Conditions to Greenhouse Fog Cooling. *Scientia Horticulturae*, 123: 90-98.
- Kim, H.-K.; Lee, S.-Y.; Kwon, J.-K.; Kim, Y.-H. (2022). Evaluating the effect of cover materials on greenhouse microclimates and thermal performance. *Agronomy*. 12. 143.
- Kitaya Y.; Tsuruyama J.; Shibuya T.; Yoshida M.; Kiyota M. (2003). Effects of air current on gas exchange in plant leaves and plant canopies. *Annals of Botany*, 23: 195-199.
- Kittas, C.; Boulard, T.; Papadakis, G. (1997). Natural ventilation of a greenhouse with ridge and side openings: sensitivity to temperature and wind effects. *Transactions of the ASAE*, 40 (2): 415-425.
- Kittas, C.; Draoui, B.; Boulard, T. (1995). Quantification of the ventilation rate of a greenhouse with a continuous roof opening. *Agricultural and Forest Meteorology*, 77 (1-2): 95-111.
- Klein Tank, A.M.G.; Lenderink, G. (2009). Climate change in the Netherlands. Supplements to the KNMI'06 scenarios. KNMI. Royal Netherlands Meteorological Institute. Ministry of Transport. Public Works and Water Management. De Bilt (Holanda).

2. Tecnología de producción

- Köhl, J.; Gerlagh, M.; Grit, G. (2000). Biocontrol of *Botrytis cinerea* by *Ulocladium atrum* in different production systems of cyclamen. *Plant Disease*, 84: 569-573.
- Körner, O.; Challa, H. (2003). Process-based humidity control regime for greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39 (3): 173-192.
- Körner, O.; Holst, N. (2005). Model based humidity control of *Botrytis* in greenhouse cultivation. *Acta Horticulturae*, 691 (2): 141-148.
- Kürklü, A.; Hadley, P.; Wheldon, A. (1998). Effects of temperature and time of harvest on the growth and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22 (4): 341-348.
- Lake, L.; Guillioni, L.; French, B.; Sadras, V.O. (2021). Chapter 9 - Field pea. En: Sadras, V.O.; Calderini, D.F. (Eds.), *Crop Physiology Case Histories for Major Crops* (pp. 320-341). Academic Press.
- Lamont, W.J. (2017). Capítulo 3 - Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. En: Orzolek, M.D. (Eds.), *Plastics Design Library. A Guide to the Manufacture. Performance and Potential of Plastics in Agriculture* (pp. 45-60). Elsevier.
- Lecoeur, J.; Ney, B. (2003). Change with time in potential radiation-use efficiency in field pea. *European Journal of Agronomy*, 19 (1): 91-105.
- Li, G.; Lin, L.; Dong, Y.; An, D.; Li, Y.; Luo, W.; Yin, X.; Li, W.; Shao, J.; Zhou, Y.; Dai, J.; Chen, W.; Zhao, C. (2012). Testing two models for the estimation of leaf stomatal conductance in four greenhouse crops cucumber, chrysanthemum, tulip and lily. *Agricultural and Forest Meteorology*, 165, 92-103.
- Liang, S. (2018). Volume 5 Overview: Recent progress in Remote Sensing of Earth's Energy Budget. En: Liang, S. (Eds.), *Comprehensive Remote Sensing* (pp. 1-31). Elsevier.
- Liu, G.; Du, Q.; Li, J. (2017). Interactive Effects of Nitrate-Ammonium Ratios and Temperatures on Growth, Photosynthesis, and Nitrogen Metabolism of Tomato Seedlings. *Scientia Horticulturae*, 214: 41-50.
- López, A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F.D. (2011a). Sonic anemometry to measure natural ventilation in greenhouses. *Sensors*, 11: 9820-9838.
- López, A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F.D.; Peña, A.A. (2011b). Effects of surrounding buildings on air patterns and turbulence in two naturally ventilated mediterranean greenhouses using tri-sonic anemometry. *Transactions of the ASABE*, 54 (5): 1941-1950.
- López, A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F.D.; Peña, A.A. (2012). Pad-fan systems in mediterranean greenhouses: determining optimal setup by sonic anemometry. *Transaction of the ASABE*, 55 (3): 1077-1089.
- López, A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F.D.; Peña, A.A. (2010). Experimental evaluation by sonic anemometry of airflow in a Mediterranean greenhouse equipped with a pad-fan cooling system. *Transactions of the ASAE*, 53 (3): 945-957.

- López-Martínez, A.; Molina-Aiz, F.D.; Moreno-Teruel, M.A.; Peña-Fernández, A.; Baptista, F.J.F.; Valera-Martínez, D.L. (2021). Low tunnels inside Mediterranean greenhouses: effects on air/soil temperature and humidity. *Agronomy*, 11 (10): 1973.
- López-Martínez, A.; Valera-Martínez, D.L.; Molina-Aiz, F.D.; Moreno-Teruel, M.A.; Peña-Fernández, A.; Espinoza-Ramos, K.E. (2019). Analysis of the effect of concentrations of four whitening products in cover transmissivity of mediterranean greenhouses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16: 958.
- Lu, X.; Li R.; Shi, H.; Liang, J.; Miao, Q.; Fan, L. (2019). Successive simulations of soil water-heat-salt transport in one whole year of agriculture after different mulching treatments and autumn irrigation. *Geoderma*, 344: 99–107.
- Luchow, K.; Von Zabeltitz, C. (1992). Investigation of a spray cooling system in a plastic-film greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 52: 1–10.
- MAPA (2020a). Definiciones y usos de suelo en la encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE). Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación (MAPA). 176 pp. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/DefinicionesESYRCE_tcm30-122349.pdf Acceso: 10 March 2022.
- MAPA (2020b). Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE). Resultados 2019. Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación (MAPA). 176 pp. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2019_tcm30-536911.pdf Acceso: 10 March 2022.
- MAPA (2021). Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE): Resultados de años anteriores.. Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación (MAPA). <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-anteriores/default.aspx> Acceso: 10 March 2022.
- MAPA (2022). Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE). Resultados definitivos 2020. Tipificación de regadíos e invernaderos. Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación (MAPA). <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/> Acceso: 10 March 2022.
- Marcelis, L.F.M. (1989). Simulation of plant-water relations and photosynthesis of greenhouse crops. *Scientia Horticulturae*, 41: 9-18.
- Marcelis, L.F.M.; Broekhuijsen, A.G.M.; Meinen, E.; Nijs, E.M.F.M.; Raaphorst, M.G.M. (2006). Quantification of the growth response to light quantity of greenhouse grown crops. *Acta Horticulturae*, 711: 97-104.
- Martias, A.D.; Musil, S. (2012). Temperature and thermal diffusivity within a range land soil near Oracle, Arizona. *Journal of the Arizona–Nevada Academy of Science*, 44 (1): 15–21.
- Mokany, K.; Raison R.J.; Prokushkin A. (2006). Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Glob Change Biol.*; 12 (1): 84–96.

2. Tecnología de producción

- Molina Aiz, F.D.; Valera, D.L. (2011). Optimization of Almería-type greenhouse vent configuration by evaluating ventilation efficiency based on Computational Fluid Dynamics. *Acta Horticulturae*, 893: 669-678.
- Molina-Aiz, F.D.; López, A.; Valera, D.L.; Zormati, T.; Najjari, H.; Boussoffara, Y. (2020a). Measurement of the CO₂ exchange of a tomato canopy inside an Almería type naturally ventilated greenhouse. *Acta Horticulturae*, 1296, 65-72.
- Molina-Aiz, F.D.; Norton, T.; López, A.; Reyes-Rosas, A.; Moreno, M.A.; Marín, P.; Espinoza, K.; Valera, D.L. (2017A). Using Computational Fluid Dynamics to analyse the CO₂ transfer in naturally ventilated greenhouses. *Acta Horticulturae*, 1182: 283-292.
- Molina-Aiz, F.D.; Valera, D.L.; López, A.; Bouharroud, R.; Fatnassi, H. (2020c). Analysis of economic sustainability of tomato greenhouses in Almería (Spain). *Acta Horticulturae*, 1296: 1169-1177.
- Molina-Aiz, F.D.; Valera, D.L.; López, A.; Moreno, M.A.; Marín, P.; García-Valverde, M. (2020b). Effects of the increase of ventilation surface area on the microclimate and yield of a tomato crop in Mediterranean greenhouses. *Acta Horticulturae*, 1296: 177-184.
- Molina-Aiz, F.D.; Valera, D.L.; Peña, A.A.; Gil, J.A.; López, A. (2009). A study of natural ventilation in an Almería-type greenhouse with insect screens by means of tri-sonic anemometry. *Biosystem Engineering*, 104 (2): 224–242.
- Molina-Aiz, F.D. (2010). Simulación y modelación de la ventilación en invernaderos de Almería mediante la utilización de Dinámica de Fluidos Computacional. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. Almería (España).
- Molina-Aiz, F.D.; Valera, D.L.; López, A.; Álvarez, A.J. (2012). Analysis of cooling ventilation efficiency in a naturally ventilated Almería-type greenhouse with insect screens. *Acta Horticulturae*, 927: 551-558.
- Molina-Aiz, F.D.; Valera, D.L.; López, A. (2017b). Numerical and experimental study of heat and mass transfers in an Almería-type greenhouse. *Acta Horticulturae*, 1170: 209-218.
- Molina-Aiz, F.D.; Moreno-Teruel, M.A.; Lemarié, S.; Valera, D.L.; Peilleron, F.; López-Martínez, A. (2021). Effect of photoconversion greenhouse films used as 'double covers' on tomato crop in Almería (Spain). *AgEng2021 Conference – New challenges for Agricultural Engineering towards a digital world*. July 5-8, 2021. Évora (Portugal). ID334.
- Molina-Aiz, F.D.; Valera, D.L.; López-Martínez, A.; Fatnassi, H. (2022). Chapter 12. Ventilation models in greenhouses. En: Singh, M.C.; Sharma, K.K. (Eds.), *Protected Cultivation, Modeling and Automation*. Apple Academic Press. (En prensa).
- Monteith, J.L.; Unsworth, M.H. (2013). Chapter 1 - The Scope of Environmental Physics. En: Monteith, J.L.; Unsworth, M.H. (Eds), *Principles of Environmental Physics (Fourth Edition)*. Academic Press.
- Moreno-Teruel, M.A.; Molina-Aiz, F.D.; Peña-Fernández, A.; López-Martínez, A.; Valera-Martínez, D.L. (2021). The effect of diffuse film covers on microclimate and growth and

- production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a Mediterranean Greenhouse. *Agronomy*, 11: 860.
- Moreno-Teruel, M.A.; Valera, D.L.; Molina-Aiz, F.D.; López-Martínez, A.; Peña, A.; Marín, P.; Reyes-Rosas, A. (2020). Effects of cover whitening concentrations on the microclimate and on the development and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) inside Mediterranean greenhouses. *Agronomy*, 10: 237.
- Mortensen, L.M. (1987). Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. *Scientia Horticulturae*, 33 (1–2): 1-25.
- Mortensen, L.M. (2000). Effects of air humidity on growth, flowering, keeping quality and water relations of four short-day greenhouse species. *Scientia Horticulturae*, 86 (4): 299-310.
- Mortensen, L.M. (1986). Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *Scientia Horticulturae*, 29 (4): 301-307.
- Nishimura, Y.; Wada, E.; Fukumoto, Y.; Aruga, H.; Shimoi, Y. (2012). The effect of spectrum conversion covering film on cucumber in soilless culture. *Acta Horticulturae*, 956: 481–487.
- Onwuka, B.; Mang, B. (2018). Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8 (1): 34–37.
- Peet, M.; Sato, S.; Clément, C.; Pressman, E. (2002). Heat stress increases sensitivity of pollen, fruit and seed production in tomatoes (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) to non-optimal vapor pressure deficits. *Acta Horticulturae*, 618: 209–215.
- Pérez-Parra, J.J.; Baeza, E.J.; Montero, J.I.; Bailey, B.J. (2004). Natural ventilation of parral greenhouses. *Biosystems Engineering*, 87 (3): 89–100.
- Reyes-Rosas, A.; Molina-Aiz, F.D.; Valera, D.L.; López, A.; Khamkure, S. (2017). Development of a single energy balance model for prediction of temperatures inside a naturally ventilated greenhouse with polypropylene soil mulch. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142: 9-28.
- Roy, J.C.; Pouillard, J.B.; Boulard, T.; Fatnassi, H.; Grisey, A. (2014). Experimental and CFD results on the CO₂ distribution in a semi closed greenhouse. *Acta Horticulturae*, 1037: 993–1000.
- RRFA (2021). World Vegetable Map. RaboResearch Food & Agrobusiness (RRFA). RAdobank Group. https://www.rabobank.nl/images/world-vegetables-map-2018_29940342.pdf Acceso: 10 March 2022.
- Saadon, T.; Lazarovitch, N.; Jerszurki, D.; Tas, E. (2021). Predicting net radiation in naturally ventilated greenhouses based on outside global solar radiation for reference evapotranspiration estimation. *Agricultural Water Management*, 257. 107102.
- Sabri, N.S.A.; Zakaria, Z.; Mohamad, S.E.; Jaafar, A.B.; Hara, H. (2018). Importance of soil temperature for the growth of temperate crops under a tropical climate and functional role of soil microbial diversity. *Microbes and Environments*, 33 (2): 144-150.

- Sales, C.R.G.; Wang, Y.; Evers, J.B.; Kromdijk, J. (2021). Improving C4 photosynthesis to increase productivity under optimal and suboptimal conditions. *Journal of Experimental Botany*, 72 (17): 5942–5960.
- Sándor, R.; Fodor, N. (2012). Stimulation of soil temperature dynamics with models using different concepts. *The scientific world journal*, 200: 12–20.
- Santiago, J.; Mendoza, M.; Borrego, F. (1998). Evaluación del Tomate (*Lycopersicon Esculentum*, Mill) en Invernadero: Criterios Fenológicos y Fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 9: 59–65.
- Sase, S. (2006). Air movement and climate uniformity in ventilated greenhouses. *Acta Horticulturae*, 719: 313–323.
- Sato, S.; Kamiyama, M.; Iwata, T.; Makita, N.; Furukawa, H.; Ikeda, H. (2006). Moderate increase of mean daily temperature adversely affects fruit set of *Lycopersicon Esculentum* by disrupting specific physiological processes in male reproductive development. *Annals of Botany*, 97: 731–738.
- Sato, S.; Peet, M.M.; Thomas, J.F. (2002). Determining critical pre-and post-anthesis periods and physiological processes in *Lycopersicon Esculentum* Mill. exposed to moderately elevated temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1187–1195.
- Savvas, D.; Ntatsi, G.; Passam, H.C. (2008). Plant nutrition and physiological disorders in greenhouse grown tomato, pepper and eggplant. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2 (1): 31–44.
- Schalk, J.; Robbins, L. (1987). Reflective mulches influence plant survival, production and insect control in fall tomatoes. *Hort Science*, 22 (1): 30-32.
- Schalk, J.M.; Creighton, C.S.; Fery, R.L.; Sitterly, W.R.; Davis, B.W.; McFadden, T.L.; Day, A. (1979). Reflective film mulches influences insect control and yield in vegetables. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 104 (6): 759-762.
- Segura, M.L.; Parra, J.F.; Lorenzo, P.; Sánchez-Guerrero, M.C.; Medrano, E. (2001). The effects of CO₂ enrichment on cucumber growth under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae*, 559: 217-222.
- Sellers, P.J.; Dickinson, R.E.; Randall, D.A.; Betts, A.K.; Hall, F.G.; Berry, J.A.; Collatz, G.J.; Denning, A.S.; Mooney, H.A.; Nobre, C.A.; Sato, N.; Field, C.B.; Henderson-Sellers, A. (1997). Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. *Science*, 275 (5299): 502–509.
- Sethi, V.P.; Sharma, S.K. (2008). Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy*, 82 (9): 832–859.
- Shamshiri, R.R.; Jones, J.W.; Thorp, K.R.; Ahmad, D.; Man, H.C.; Taheri, S. (2018). Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review. *International Agrophysic*, 32: 287-302.

- Shibuya, T.; Kozai, T. (1998). Effects of air velocity on net photosynthetic and evapotranspiration rates of a tomato plug sheet under artificial light. *Environmental Control in Biology*, 36: 131–136.
- Stanghellini, C. (1987). Transpiration of greenhouse crops. An aid to climate management. Ph. D. Dissertaion. Agricultural University Wageningen, Wageningen, Paises Bajos.
- STATISTA (2021). Agriculture sector in the Netherlands. Statista Company. 96 pp. <https://www.statista.com/study/50862/agriculture-sector-in-the-netherlands/> Acceso: 10 March 2022.
- Steinger, T.; Roy, B.A.; Stanton, M.L. (2003). Evolution in stressful environments. II. adaptive value and costs of plasticity in response to low light in *Sinapis arvensis*. *Journal of Evolutionary Biology*, 16: 313–323.
- Suzuki, M.; Umeda, H.; Matsuo, S.; Kawasaki, Y.; Ahn, D.; Hamamoto, H.; Iwasaki, Y. (2015). Effects of relative humidity and nutrient supply on growth and nutrient uptake in greenhouse tomato production. *Scientia Horticulturae*, 187: 44-49.
- Tantau, H.J. and Lange, D. 2003. Greenhouse climate control: an approach for integrated pest management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 40 (1-3): 141-152.
- Tchamitchian M. (1993). Including the greenhouse side walls in a light interception model. *Acta Horticulturae*. 328: 133–140.
- Torre S.; Fjeld T.; Gislerød H.R. (2001). Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. *Scientia Horticulturae*, 90 (3–4): 291-304.
- Torrellas, M.; Antón, A.; Ruijs, M.; García Victoria N.; Stanghellini, C.; Montero, J.I. (2012). Environmental and economic assessment of protected crops in four European scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 28: 45–55.
- Vafiadis, D.T.; Papamanthos, C.H.; Ntinias, G.K.; Nikita-Martzopoulou, C.H. (2012). Influence of CO₂ enrichment in greenhouses on pepper plant (*Capsicum annuum* L.) yield under high temperature conditions. *Acta Horticulturae*, 952, 749-754.
- Valera, D.L.; Belmonte, L.J.; Molina-Aiz, F.D.; López, A.; Camacho, F. (2017). The greenhouses of Almería. Spain: technological analysis and profitability. *Acta Horticulturae*, 1170: 219-226.
- Valera, D.L.; Molina-Aiz, F.D.; Moreno Teruel, M.A.; López Martínez, A.; Marín Membrive, P. (2020). Ventilation surface area: key to modify morphology, quality and photosynthetic activity of tomato crops in Mediterranean greenhouses. *Acta Horticulturae*, 1296: 185-192.
- Valera, D.L.; Belmonte, L.J.; Molina, F.D.; López, A. (2016). Greenhouse agriculture in Almería. a comprehensive techno-economic analysis. *Cajamar Caja Rural, Almería, España*.

2. Tecnología de producción

- van de Sanden, P.A.C.M.; Veen B.W. (1992). Effects of air humidity and nutrient solution concentration on growth, water potential and stomatal conductance of cucumber seedlings, *Scientia Horticulturae*, 50 (3): 173-186.
- van der Putten, W.H.; Bardgett, R.D.; Bever, J.D.; Bezemer, T.M.; Casper, B.B.; Fukami, T.; Kardol, P.; Klironomos, J.N.; Kulmatiski, A.; Schweitzer, J.A.; Suding, K.N.; Van de Voorde, T.F.J.; Wardle, D.A. (2013). Plant-soil feedbacks: the past, the present and future challenges. *Journal of Ecology*, 101 (2): 265–76.
- van Zundert, T. (2012). Life Cycle Assessment (LCA) of the Dutch greenhouse tomato production system. Masters of Agricultural and Bioresource. University of Wageningen, Wageningen, Países Bajos.
- Vanthoor, B.H.E.; Stanghellini, C.; van Henten, E.J.; Gázquez Garrido, J.C. (2008). The combined effects of cover design parameters on tomato production of a passive greenhouse. *Acta Horticulturae*, 801: 383–391.
- Xu, H.L.; Gauthier, L.; Desjardins, Y.; Gosselin, A. (1997). Photosynthesis in leaves, fruits, stem and petioles of greenhouse-grown tomato plants. *Photosynthetica*, 33 (1): 113–123.
- Yang, X.; Short, T.H.; Fox, R.D.; Bauerle, W.L. (1989). The microclimate and transpiration of a greenhouse cucumber crop. *Transactions of the ASAE*, 32 (6): 2143–2150.
- Yang, X.; Short, T.H.; Fox, R.D.; Bauerle, W.L. (1990). Transpiration, leaf temperature and stomatal resistance of a greenhouse cucumber crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 51: 197–209.
- Yin, X.; Harbinson, J.; Struik, P.C. (2009). Mathematical review of literature to assess alternative electron transports and interphotosystem excitation partitioning f steady-state c_3 photosynthesis under limiting light. *Plant, Cell & Environment*, 29: 1771–1782.
- Zak, D.R.; Pregitzer, K.S.; Kubiske, M.E.; Burton, A.J. (2011). Forest productivity under elevated CO_2 and O_3 : positive feedbacks to soil N cycling sustain decade-long net primary productivity enhancement by CO_2 . *Ecology Letters*, 14 (12), 1220–1226.
- Zhang, J.; Wang, S-X. (2011). Simulation of the canopy photosynthesis model of greenhouse tomato. *Procedia Engineering*, 16: 632-639.
- Zitter, T.; Simons, J. (1980). Management of viruses by alteration of vector efficiency and by cultural practices. *Annual Review of Phytopathology*, 18: 289-310.

2.4. Gestión de residuos agrarios en invernaderos

María del Mar Téllez^{1*}, M^a Rosa Granados¹, Encarnación Samblas¹, M^a Carmen García¹, M.^a Luz Segura¹, Rafael Baeza¹, Dirk Janssen¹, Evangelina Medrano¹, Miguel Cara¹ y Salvador Parra²

* mmar.tellez@juntadeandalucia.es

¹ Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Centro La Mojonera, Almería

² Agencia Gestión Agraria y Pesquera (CAGPDS), Almería

Índice

1. Introducción
- 1.1. RECICLAND “Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida”
2. Prácticas de gestión de residuos orgánicos
- 2.1. Gestión e incorporación al suelo de restos vegetales
- 2.2. Gestión de restos vegetales mediante compostaje
3. Gestión y valorización de residuos sólidos
- 3.1. Residuos inorgánicos. Gestión interna y externa
- 3.2. Reutilización de residuos plásticos y uso de materiales alternativos
4. Valorización de residuos agrarios para el fomento de la biodiversidad

Resumen

La horticultura de invernadero que se desarrolla en el Sudeste de España, supone una importante actividad económica y social para la Comunidad Andaluza. El continuo aumento de superficie y la constante innovación de las técnicas de cultivo genera una alta demanda de insumos provocando una alta producción de residuos agrarios. La gestión de estos residuos se complica por su diversidad y estacionalidad, además supone una dificultad adicional para el agricultor debido a la carga documental que implica esta gestión. A través del proyecto RECICLAND, que lleva a cabo el Instituto de Investigación y Formación Agraria (IFAPA) en su Centro de La Mojonera en Almería se están desarrollando distintas actividades relacionadas con la gestión de los principales residuos generados en la horticultura de invernadero. Las actividades van dirigidas a agricultores y técnicos, y se llevan a cabo en un área demostrativa que incluye distintos espacios para las diferentes prácticas de gestión. El objetivo es mostrar soluciones a través de talleres y jornadas, que impliquen la reutilización o reciclado tanto de residuos orgánicos como inorgánicos. En el caso de los restos de cultivo se contempla su gestión, bien incorporándolos al suelo del invernadero o valorizándolos en el proceso de compostaje

para la obtención de compost. En el caso de los residuos plásticos es muy importante que los agricultores realicen una adecuada gestión interna en sus explotaciones para facilitar su gestión externa a los gestores autorizados. La reutilización de insumos plásticos, como rafias y acolchados o el uso de materiales alternativos son otras técnicas que se muestran como prácticas de gestión. Se contempla también el fomento de la biodiversidad, desde la perspectiva de la reutilización o reciclaje de otros residuos, como maderas o tubería, que pueden emplearse en la construcción de infraestructuras ecológicas para favorecer el control biológico por conservación. Hasta la fecha se ha impartido 24 jornadas demostrativas, en las que se ha formado 395 alumnos. Se ha generado una amplia documentación técnica que puedes consultada en los contenidos webs (recicland.ifapa.es).

1. Introducción

La horticultura de invernadero que se desarrolla en el Sudeste de España, supone una importante actividad económica y social tanto para la provincia de Almería, como para la Comunidad Andaluza. La superficie de invernaderos en la provincia ha crecido, un 1,6% en la campaña agrícola 2020-2021 con respecto a la anterior, y alcanza ya 32.554 hectáreas (Cajamar, 2021). Este crecimiento continuo de la superficie de cultivo, así como la alta dependencia de insumos en este sistema agrario, está generando no sólo un importante volumen, sino una gran diversidad de residuos en las explotaciones agrarias. La principal dificultad para la gestión de estos residuos es su variación estacional, con altas producciones al final de los diferentes ciclos de cultivo, que se concentran en los meses de febrero mayo y junio. Esta circunstancia condiciona su recogida y almacenamiento, así como su posterior gestión (Sayadi et al., 2019; Cajamar, 2016). Esta supone una complicación para el agricultor de pequeñas explotaciones, debido a su heterogeneidad y a las normas específicas que regulan cada uno de ellos. La separación de los restos en origen y el almacenamiento en condiciones adecuadas para su tratamiento in situ, o su posterior recogida y tratamiento en otras instalaciones, puede resultar una carga excesiva y dificultar su gestión. Por tanto, es necesario el desarrollo de estrategias específicas que permitan establecer procedimientos claros y sencillos para su correcta gestión, y que además permitan su valorización considerando su entrada en una economía circular.

Dentro de este contexto, en el año 2019 se puso en marcha un proyecto de transferencia de tecnología **RECICLAND** (recicland.ifapa.es), a iniciativa de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, y gestionado través del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). El objetivo general de este proyecto es transferir prácticas agrícolas sostenibles relacionadas con la reutilización o reciclado de residuos orgánicos e inorgánicos, a través de actividades de formación y demostración.

1.1. RECICLAND “Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida”

El proyecto Recicland se lleva a cabo en el Centro IFAPA de La Mojonera localizado en la provincia de Almería, integrado por un equipo multidisciplinar de técnicos especialistas e investigadores. Su actividad va dirigida a mostrar soluciones técnicas para la gestión tanto de los residuos vegetales como plásticos, a través de jornadas y talleres. Esta transferencia va dirigida principalmente a agricultores, técnicos, así como a otros agentes de la cadena de valor hortícola,

aunque también llegar a la propia sociedad, con el objetivo de concienciar sobre la importancia de la gestión de los residuos sólidos desde el punto de vista de la economía circular.

La realización de los talleres y jornadas se llevan a cabo en un área de demostraciones en la que se ha diseñado diferentes espacios para el desarrollo de las actividades: una planta piloto de compostaje, una estación de clasificación y reducción de residuos inorgánicos, y un área de biodiversidad y reutilización de restos agrarios.

Las actividades de transferencia y divulgación se iniciaron en marzo del 2021, habiéndose impartido hasta la fecha 24 jornadas demostrativas, en las que se ha formado 395 alumnos. El área de demostraciones ha sido visitada por 718 asistentes, de los cuales 148 han sido procedentes de distintas empresas del sector. Se ha generado una amplia documentación técnica, como vídeos, Factsheet, publicaciones e imágenes. Toda la información del proyecto puede ser consultados en los contenidos Web dentro del Portal Institucional de IFAPA. <https://lajunta.es/3nbbu>. Los eventos programados y su difusión pueden seguirse a través de las redes sociales Twitter ([RECICLAND@ifapaR](https://twitter.com/RECICLAND@ifapaR)) y Facebook ([Recicland Ifapa](https://www.facebook.com/ReciclandIfapa)).

Las líneas de trabajo que se contemplan en el proyecto esta relacionadas, por un lado, en ofrecer soluciones para la gestión de los residuos vegetales, bien para su valorización como productos del compostaje o para su incorporación al suelo de la propia explotación, así como para la mejora del control biológico y la biodiversidad. Por otro lado, se contemplan soluciones para la gestión y reciclando de los diferentes residuos inorgánicos, así como la utilización de materiales alternativos.

2. Prácticas de gestión de residuos orgánicos

Los restos de cosecha procedentes de invernadero se caracterizan por una heterogeneidad en su composición y una estacionalidad en su producción, lo que dificulta su manejo (Junta de Andalucía, 2016). En la horticultura intensiva de la provincia de Almería se generan al año unos 2.000.000 t de residuos vegetales (Cajamar, 2016), lo que puede ocasionar un problema medioambiental sino se implantan alternativas sostenibles para su manejo. Las prácticas de gestión que actualmente se contemplan son el aprovechamiento de los restos de cosecha mediante su incorporación al suelo de las explotaciones y la gestión mediante técnicas de compostaje.

2.1. Gestión e incorporación al suelo de restos vegetales

El aprovechamiento de los restos vegetales para su incorporación al suelo es una técnica que puede aplicarse en la horticultura de invernadero y combinarla con la **biofumigación** y la **biosolarización**. <https://lajunta.es/3os1s>

Esta práctica permite reincorporar materia orgánica fresca utilizando los restos de cosecha o cubiertas vegetales como **abono en verde**. Los beneficios de esta incorporación permiten reducir costes de gestión de los residuos, ahorro en fertilizantes, así como incrementar la salud del suelo. <https://lajunta.es/3os1r>

Los restos pueden ser incorporados en distintos momentos del ciclo del cultivo aprovechando podas y destalles, y utilizando distintas técnicas dependiendo del tipo de suelo del invernadero.

<https://lajunta.es/3omsd>

El uso de cubiertas vegetales para su incorporación como abono en verde es también una práctica que contribuye a la aumentar la fertilidad y la salud del suelo. Son varias las especies que pueden ser utilizadas y que se adaptan bien en condiciones de invernadero

<https://www.best4soil.eu/videos/10>

Esta práctica de gestión de los restos de cultivos se está implementando de forma importante, especialmente en los invernaderos con cultivo ecológico donde este tipo de manejo sostenible está en consonancia con los principios de la economía circular.

2.2. Gestión de restos vegetales mediante compostaje

El compostaje de residuos hortícolas para uso como enmienda o fertilizante es otra vía de aprovechamiento de los residuos vegetales. Le confiere un valor añadido, ahorro económico por un menor gasto de fertilizantes minerales y reducción del impacto medioambiental al disminuir el abandono en el medio natural.

El proceso de compostaje se realiza en condiciones aeróbicas, produciéndose la transformación de los restos de cultivos en un material homogéneo y libre de patógenos llamado **compost**, de gran valor fertilizante. <https://lajunta.es/3os1v>

A partir del material compostado o compost, se puede elaborar abono líquido llamado **té de compost**. Este puede emplearse como fertilizante para estimulación biológica, vía foliar o en riego. <https://lajunta.es/3os1x>

Otro aprovechamiento de los restos vegetales es su transformación mediante la utilización de lombrices de tierra obteniéndose un producto más estable llamado **vermicompost**. Se trata de un producto de mayor calidad que el compost. <https://lajunta.es/3os1y>

En lo general, los agricultores gestionan los restos de final de cultivo llevándolos a las escasas y grandes plantas industriales de tratamiento. Aunque para algunos de ellos, dado el pequeño volumen que generan, no resulta tan rentable cuando los centros más próximos se encuentran a una distancia que puede suponer altos costes de transporte. En el proyecto Recicland se ha diseñado una planta piloto de compostaje que se muestra como modelo alternativo basado en una red de plantas intermedias y puntos de recogida, con gestión independiente y facilidad para el transporte.

Esta planta experimental cuenta con todas las características y funcionalidades de una planta industrial, donde todo el proceso está controlado y permite la obtención de compost entre 8 y 12 semanas. Incluye una zona de recepción de materiales, una zona de proceso, con una caseta de control, y una zona de almacenaje de producto final. La zona de proceso dispone de un sistema de inyección de aire, y caudalímetros independientes para cada línea de compostaje, con recogida de lixiviados en un depósito subterráneo. El control de temperatura e inyección de aire es automático contando con una volteadora automotriz para el volteo de las pilas.

<https://lajunta.es/3np0x>

<https://www.youtube.com/watch?v=NA7gNKpXvBw>

Otros enlaces de interés

<https://lajunta.es/3p0nh>

<https://lajunta.es/2as2e>

3. Gestión y valorización de residuos sólidos

La generación de residuos agrarios de diferente tipología supone no solo un problema medioambiental sino también un coste adicional para los agricultores. Actualmente la Ley 7/2022 de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular (BOE nº65, 9 abril de 2022), determina que los responsables de la gestión de los residuos son los productores iniciales de los mismos (agricultor/a) y que están obligados a acreditarlo documentalmente.

3.1. Residuos inorgánicos. Gestión interna y externa

Se considera residuos todos aquellos materiales que se producen en la actividad agraria y posteriormente se desechan. Dentro de los residuos inorgánicos encontramos diferentes tipos que podemos clasificar como residuos no envase y residuos envases. <https://lajunta.es/3p0ni>

En la provincia de Almería se generan más de 30.000 tn de residuos plásticos agrícolas no envases, procedentes de los invernaderos. Estos residuos deben gestionarse dentro de las explotaciones de manera organizada, haciendo la separación de los diferentes tipos y acondicionándolos para su gestión externa que sólo deben realizarla gestores autorizados. <https://lajunta.es/3p0nj>

Los residuos inorgánicos que sean envases, como los envases de fitosanitarios o de nutrientes deben también ser acondicionados por el agricultor y llevarlos a los puntos de recogida autorizados para su reciclado o valoración energética. Su inclusión en el cuaderno de explotación es de gran importancia para tener constancia de su trazabilidad. <https://lajunta.es/3p0nk>

3.2. Reutilización de residuos plásticos y uso de materiales alternativos

La gestión adecuada de los residuos debe seguir la jerarquía de residuos que contempla la ley, como es la prevención, reducción, reciclaje y sustitución de materiales por otros más sostenibles. <https://lajunta.es/3os20>

Uno de los residuos plásticos que más problemática generan son los hilos de entutorado ya que limitan la gestión de los restos vegetales, tanto si se compostan como si se incorporan al suelo. Su retirada supone un incremento del coste y de los tiempos de realización de la tarea. La puesta a punto de técnicas de entutorado que permitan minimizar los costes, así como la reutilización de estas rafas plásticas, es uno de los objetivos del proyecto Recicland. <https://lajunta.es/3nvub>

Las rafas de entutorado, así como los plásticos para acochados suponen un porcentaje importante de residuos que se generan y que además no suelen ser ni biodegradables ni compostables. En el mercado se pueden encontrar materiales alternativos con diferentes características y composición. <https://lajunta.es/3os1q>

2. Tecnología de producción

Los plásticos utilizados para la solarización del suelo de los invernaderos no son reutilizables, por lo que se requiere también que se acondicionen de forma adecuada. Para su posterior gestión, es muy importante que vayan limpios y doblados.

<https://www.youtube.com/watch?v=WJsMbWy3Zks>

4. Valorización de residuos agrarios para el fomento de la biodiversidad

En las explotaciones agrarias se generan otros residuos, como tuberías, cajas de plásticos, maderas u otros, que pueden ser reutilizados o reciclados. Su gestión también es muy importante para evitar su presencia y acumulación en los entornos de los invernaderos. Una limpieza adecuada del medio ambiente va a contribuir tanto a la mejora de paisaje como al fomento de la **biodiversidad y el control biológico por conservación**.

En la web del proyecto puedes ver ideas para la construcción de diferentes infraestructuras ecológicas reutilizando diversos residuos agrarios. <https://lajunta.es/3p032>

Agradecimientos

Este trabajo se encuentra enmarcado en el proyecto “Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida (RECICLAND - PP.RSRR.RSRR1900.001)” que está cofinanciado al 90% por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural, dentro del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2014-2020, Operación PDR C15C0122U1.

Bibliografía

- CAJAMAR (2021). Análisis de la campaña agrícola. <https://publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/series-tematicas/informes-coyuntura-analisis-de-campana/informe-71-campana-almeria-20-21.pdf>
- CAJAMAR (2016). Residuos vegetales procedentes de los invernaderos de Almería. Ficha de Transferencia 017. Ed. Cajamar.
- Sayadi-Gmada, S.; Rodríguez-Pleguezuelo, C.R.; Rojas-Serrano, F.; Parra-López, C.; Parra-Gómez, S.; García-García, M.C.; García-Collado, R.; Lorbach-Kelle, M.B.; Manrique-Gordillo, T., (2019). Inorganic waste management in greenhouse agriculture in Almería (SE Spain): Towards a circular system in intensive horticulture production. Sustainability 11 (14), 3782. <https://doi.org/10.3390/su11143782>

2.5. Control climático

Antonio Marhuenda

antonio.marhuenda@inta.com.es

INTA

Índice

1. Introducción
2. Aspectos generales de los invernaderos
3. Ventilación
4. Pantallas
5. Enfriamiento por evaporación de agua
6. Control de humedad en el invernadero
7. Enriquecimiento carbónico del aire CO₂
8. Calefacción
9. Iluminación artificial
10. Invernaderos semi-cerrados
11. Sistemas de control y gestión del clima de invernaderos

Resumen

La producción de hortalizas en invernadero va destinada mayoritariamente a la gran distribución, tanto europea como nacional. Estos clientes son muy exigentes en el cumplimiento de los programas de suministro y en el mantenimiento de los estándares de calidad, algo que no es fácil de cumplir en pleno invierno, cuando tenemos que garantizar la disponibilidad en fechas críticas. Además, tenemos la competencia de productores de otros países, lo que nos ha llevado a orientar la producción a especialidades, que son más exigentes en las condiciones de cultivo que las variedades genéricas. Todas estas circunstancias nos obligan a mejorar considerablemente nuestros invernaderos y evolucionar hacia la optimización de la producción, tanto en rendimiento, como en calidad.

La modernización de los invernaderos actuales, dotándolos de los elementos necesarios para llevar a cabo un control climático adecuado y eficiente, que proporcione las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los cultivos es un objetivo obligado a corto y medio plazo, si queremos mantener nuestra competitividad y en consecuencia, nuestra participación en el mercado europeo.

Esto requiere de inversiones en infraestructura y de la formación de los agricultores y técnicos para manejar los modernos sistemas de cultivo. Es un cambio sustancial, tanto en la

configuración de las instalaciones, como en la forma de pensar de los productores. Pero no dudemos que ese es el futuro y los que no se adapten, tendrán muy difícil sobrevivir en este mercado tan competitivo.

1. Introducción

El propósito de un invernadero es alargar el ciclo de cultivo de hortalizas, frutales y cultivos ornamentales y protegerlos de las condiciones ambientales adversas, como las bajas temperaturas y lluvias, también de ciertas plagas, como roedores y pájaros. (Hanan *et al.*, 1978; Mastalerz, 1977).

El propósito del control climático en invernaderos es mejorar las condiciones ambientales, para maximizar el beneficio económico, optimizando la producción, en rendimiento y calidad.

En los países del Norte de Europa, la tendencia es optimizar las condiciones ambientales del cultivo, con invernaderos sofisticados, para obtener todo el potencial productivo del mismo, mientras que en el Sureste español la tendencia ha sido adaptarse a cultivar en condiciones no óptimas, empleando invernaderos poco tecnificados, con lo que se limita claramente la producción, (Adaptado de N. Castilla).

Los agricultores del Norte de Europa cultivan ciclos orientados al verano, cuando las temperaturas son más favorables y además emplean invernaderos con instalaciones muy sofisticadas, que requieren una alta inversión y conocimiento para manejar los complejos sistemas de control climático. Esta tecnología no es directamente exportable a los invernaderos del sur y es necesaria una adaptación a los requerimientos de cada caso.

Los argumentos anteriormente expuestos nos llevan a pensar, que, en un mercado abierto y competitivo, los agricultores del Sureste español, cuya producción está orientada a la exportación mayoritariamente, tienen que afrontar el gran desafío de adaptar y mejorar sus estructuras productivas y mejorar su formación en el manejo de los nuevos sistemas de control climático, para conseguir sus objetivos:

- Cubrir una campaña de producción lo más amplia posible y adaptada a la demanda de los mercados, con volúmenes uniformes y consistentes.
- Mejorar progresivamente la producción, en rendimiento, calidad, disponibilidad y coste.
- Mejorar la gestión global de la explotación para obtener el mayor rendimiento económico posible.

Podríamos especular sobre el incremento de rendimiento que se podría obtener implantando un mayor control climático en los cultivos hortícolas del Sureste español y de hecho tenemos muchos ejemplos prácticos, pero en la comparación, siempre se podría argumentar que hay factores específicos de estos productores, que influyen en los resultados, haciendo que no sean comparables. Por lo que hemos tomado como referencia una experiencia comparativa realizada en el IFAPA de La Mojonera por el equipo de Pilar Lorenzo, que muestra la diferencia entre distintos grados de tecnificación (Tabla 1).

En el sistema tradicional se alcanzaron 5,9 Kg/m², incorporando sustrato y ventilación, se incrementó hasta 11,8 Kg/m² y con el control climático completo se alcanzaron 15,8 kg/m², más

cerca de los 26 Kg/m² que obtienen en Holanda, por supuesto, en un ciclo de cultivo distinto y con una inversión y un consumo energético muy superior (Figura 1).

Tabla 1. Respuesta agronómica a la climatización y a la fertilización carbónica. Fuente: Lorenzo *et al.* IFAPA

CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO EN ALMERIA (Ciclo de cultivo de agosto a abril/mayo)					
Nivel tecnológico	Producción (Kg/m ²)	Consumo agua (L/m ²)	Efic. Hídrica (gr/l)	Consumo energético (Wh/m ²)	Eficiencia energética (gr/wh)
BAJO (invernadero parral (enarenado, vent. pasiva)	5,9	440	13,41	38,2	154,45
MEDIO (sustrato, control ventilación pasiva)	11,8	529	22,31	173,1	68,17
ALTO (sustrato, nebulización, pantalla ahorro/sombreo, CO ₂ , calefacción)	15,8	681	23,20	142149,8	0,11



Figura 1. Cultivo hidropónico de pimiento de nivel tecnológico alto (calefacción, pantallas, fog, CO₂)

Para añadir más argumentos a la necesidad de afrontar esa mejora en los invernaderos, solo tenemos que mirar a las producciones del Norte de África, con las que tenemos que competir y si nos limitamos a producir productos genéricos y en invernaderos poco productivos, que además no garantizan mínimamente la disponibilidad de producto de calidad en condiciones desfavorables de clima, tenemos poco recorrido y el futuro se oscurece.

Haciendo una revisión del estado de los invernaderos en el mundo, también en España y finalmente enfocando el Sureste español, donde se concentra la mayor superficie de invernaderos, cuya producción va principalmente destinada a suministrar los mercados europeos, tenemos que según el “*World Vegetable Map*” publicado por Rabobank en 2018. En el Mundo se estiman unas 500.000 ha de invernadero, de las que 70.000 ha están en España, situándonos en 2º lugar del mundo, después de China, con 82.000 ha.

2. Tecnología de producción

Según las últimas estadísticas publicadas por el Ministerio de Agricultura, en España hay 71.790 ha de invernadero, siendo Andalucía con 55.147 ha, seguida de Murcia con 6.491 ha y de Canarias con 5.491 ha, suman más del 93% del total.

La Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía publicó en 2015 un informe muy detallado sobre la caracterización de los invernaderos en Andalucía, que podemos resumir en los siguientes puntos.

La superficie total media de la explotación es de 23.508 m², con 17.247 m² de invernadero (73,4%). Siendo la superficie media del invernadero de 6.920 m².

El 83% se cultiva en suelo enarenado, el 10% en el suelo original y un 7% es cultivo en sustrato (resulta chocante la disminución del cultivo hidropónico, estamos en retroceso tecnológico).

Un dato importante es que el 83% de las fincas disponen de suministro eléctrico.

Por tipo de invernadero, el invernadero raspa y amagado representa un 76% de la superficie. Este tipo de invernadero ha sido una evolución del invernadero de parral plano, que todavía representa un 20% de la superficie invernada, con lo que nos queda un 4% de la superficie para los invernaderos Multitunnel. Otros invernaderos apenas están representados.

Los invernaderos raspa y amagado han ido evolucionando y adaptándose a los requerimientos actuales, incrementando su altura e incorporando ventilación, tanto lateral como cenital, generalmente una ventana cenital por capilla, claramente insuficiente después de incorporar la malla anti insectos.

La ventilación que es un elemento básico e indispensable para el control climático y en el informe de la Consejería andaluza describe que el 36% de los invernaderos tienen una abertura cenital, cubierta por malla, mientras que un 52% tienen ventanas abatibles, hay una pequeña proporción de otras ventanas, que no es significativo. Pero el dato más impactante es que el 86% de los invernaderos tienen accionamiento manual de las ventanas cenitales, en pleno siglo XXI.

El 90% de los invernaderos de Andalucía tiene ventilación lateral plegable, un 6% tiene ventanas laterales enrollables y 1,7% son ventanas abatibles.

El 87% de los invernaderos andaluces no disponen de ningún sistema de climatización. Se utiliza el blanqueo para reducir temperatura, manta térmica o doble plástico para incrementar temperatura en invierno y proteger el cultivo.

Los sistemas de humidificación están proliferando progresivamente, pero todavía representan un porcentaje muy bajo, entre el 2 y el 3%. Mientras que el control climático integrado se estima alrededor del 2%.

Viendo estos datos, parece que estamos confiando en exceso en las favorables condiciones climáticas de nuestra zona de cultivo, con estructuras muy básicas, que nos permiten ciclos de producción con bastantes limitaciones. Aunque hay una tendencia a mejorar todos estos aspectos, el coste de inversión y la falta de formación para el conocimiento y manejo de todos los elementos que constituyen el control climático, frena la implantación de estos sistemas. La consecuencia es que vamos perdiendo competitividad frente a otras zonas y productores que si

implantan desde un principio estos sistemas. Resumiendo, el nivel de tecnificación de nuestros invernaderos es claramente mejorable y no parece que vaya progresando adecuadamente. Posiblemente, es una oportunidad para aquellos agricultores que decidan modernizar sus invernaderos, adoptando una visión de negocio a medio plazo. El resto, parece que esta cómodo con ese grado de tecnificación y no quieren ver más allá.

2. Aspectos generales de los invernaderos

Cuando nos planteamos la pregunta sobre el tipo de invernadero que necesitamos, son muchos los factores que condicionan el tipo de invernadero que encaja mejor en cada caso. Pero básicamente se pueden resumir en estos:

Cultivo a producir y ciclo de cultivo

No es lo mismo producir un tomate que un pimiento, pero, además, dentro de la gama de tomates, hay grandes diferencias, entre un tomate genérico y una especialidad de tomate Cherry y entre los pimientos, se puede hacer el ciclo de plantación de Julio a febrero, el de Noviembre a Julio o el ciclo de producción continua de Julio a junio. El ciclo largo, que cubre toda la campaña de exportación, requiere de mejores invernaderos, dotados de calefacción.

Ubicación del invernadero

Es fundamental, no solamente la zona geográfica, ya sabemos que dentro de la misma zona geográfica hay muchos microclimas, más o menos fríos y húmedos. Luz, temperatura y humedad, son determinantes.

Mercado

Es bastante evidente la diferencia entre vender nuestro producto en una alhóndiga, un supermercado o un cliente Premium. A la alhóndiga se concurre con el producto que se disponga y cotiza en función de la oferta y la demanda diaria. Un supermercado tiene exigencias en el cumplimiento de calidades y volúmenes semanales y un cliente Premium, que va a pagar un diferencial por su especialidad, tiene un nivel de exigencia mucho mayor, pero el valor añadido, que se traduce en mejor precio, nos permite invertir en mejores instalaciones.

En función de estos factores podremos elegir el tipo de invernadero y el nivel de tecnificación requerido, para conseguir nuestros objetivos de producción y, sobre todo, la rentabilidad de nuestro negocio.

El invernadero tiene que considerarse como un sistema complejo, en el que hay que tener en cuenta las condiciones ambientales exteriores y gestionar todos los elementos de la instalación para que los factores mencionados se mantengan en niveles adecuados y que ninguno de ellos se convierta en limitante del potencial productivo de la planta. Se deben establecer estrategias de control climático globales en las que se tienen en cuenta todos estos factores, adecuando los niveles de cada uno en función del resto para optimizar la respuesta de la planta.

Actualmente, la tendencia es construir invernaderos Multitúnel con cubierta de plástico (Figura 2). El ancho de los túneles puede variar entre 9,6 m y 16 m y la altura a la canal de 5,5 a 6,5 m, lo que confiere mayor luminosidad, un incremento del volumen de aire en el interior y mayor

inercia térmica, favoreciendo el cultivo en condiciones de temperatura extrema. La orientación del invernadero se debe establecer en función del cultivo y los vientos dominantes de la zona. Orientaciones Oeste-Este proporcionan mejor transmisividad de la cubierta en invierno, pero tienen menor uniformidad en la distribución de la luz, por lo que para semilleros y otras aplicaciones en las que la uniformidad es prioritaria, se opta por orientaciones Norte-Sur. Los vientos predominantes son un factor esencial para mejorar la ventilación y en el caso del Poniente almeriense, en la que el viento predominante es Este-Oeste, la orientación Norte-Sur mejora la ventilación en el invernadero.



Figura 2. Invernadero multitunel con ventilación cenital doble y lateral, cubiertas con malla antiinsectos

La ventilación es esencial y es muy recomendable instalar doble ventilación cenital, tipo mariposa, con buena apertura. También una buena ventilación perimetral, con ventanas de 3 m. El complemento de las ventanas son las mallas anti-insectos, que deben protegernos de la entrada de insectos, sobre todo, los vectores de virus, pero al mismo tiempo, no comprometer la ventilación. La nueva generación de mallas antiinsectos combinan estas propiedades, evitando la entrada de mosca blanca o trips y manteniendo un nivel de ventilación razonable.

Las pantallas de sombreado y térmicas se están consolidando como un elemento indispensable, para mejorar las condiciones climáticas del invernadero en múltiples aspectos.

Los sistemas de enfriamiento por evaporación de agua, mejoran considerablemente las condiciones de cultivo, sobre todo en los momentos de calor, cuando el cultivo está en sus primeros estadios.

La calefacción, en todas sus variantes, que se debe plantear en el contexto del cultivo a realizar y nos ayuda a mantener un nivel de producción y calidad en los periodos fríos.

La iluminación artificial, que se está implantando en algunas aplicaciones, como semilleros y viveros, producción de semillas y la reciente introducción del cultivo de cannabis. Es una opción a considerar en el futuro, con la implantación de invernaderos de alta tecnología y la evolución de los sistemas de iluminación actuales, basados en tecnología led (Figura 3).



Figura 3. Invernadero de pepino de alta tecnología

3. Ventilación

La ventilación es el elemento básico y esencial para mejorar el microclima en el invernadero. El aire exterior, generalmente más fresco y seco, disminuye la temperatura interior, rebaja la humedad provocada por la evapotranspiración del cultivo, evitando la condensación, renueva el aire, compensando el consumo de CO₂ por las plantas, cuando no hay aportación y ayuda a la homogeneización del interior, por el movimiento de aire que genera.

El diseño y la orientación de los invernaderos son los puntos fundamentales para conseguir una ventilación efectiva, que nos proporcione unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas y homogéneas.

La orientación del invernadero puede representar un dilema. La orientación N-S nos proporciona mayor homogeneidad en la luz, pero menor luminosidad. Cuando los vientos predominantes vienen del Oeste y del Este, como es el caso del poniente Almeriense, la orientación N-S nos proporciona una ventilación más eficiente, con las ventanas orientadas perpendicularmente al flujo de aire.

Las ventanas cenitales que abren frente al viento (barlovento) tienen una tasa de ventilación superior a las de sotavento (lado opuesto al origen del viento), pero las ventanas de sotavento tienen una distribución más homogénea del clima interior.

En cualquier caso, se requiere una superficie de ventanas del 25% respecto a la superficie del invernadero, sin tener en cuenta el efecto de las mallas anti-insecto. En la práctica, tenemos que disponer de ventanas abatibles, tipo mariposa, con un tamaño adecuado a las dimensiones de

las capillas. En el caso de capillas de 9,60m tenemos ventanas de 1,5 hasta 1,75 m. lo que supera el 25%, pero no llega a compensar la pérdida de ventilación por causa de la malla anti-insectos tupida. Por supuesto en los invernaderos de 12,80, que ya son bastante habituales, se requieren ventanas cenitales de mayor apertura (Baeza Romero y Pérez Parra). Se ha demostrado por técnicas de dinámica de fluidos (CFD), que, al doblar el ancho de la ventana, pasando de 0,8 a 1,6 m., se triplica la tasa de ventilación.

Las ventanas abatibles tienen una tasa de ventilación hasta 4 veces superior a las ventanas enrollables y con eso lo decimos todo respecto a las ventanas enrollables. Mejor evitarlas. Además, las ventanas abatibles dobles, incrementan significativamente la tasa de ventilación, por el movimiento del aire en la capa superior.

Pendientes en la capilla del orden del 27º mejoran significativamente la circulación de aire, favoreciendo su distribución en el invernadero.

Las ventanas laterales son efectivas en invernaderos con un ancho limitado, a partir de los 50 m, pierden mucha efectividad, pero su combinación con las ventanas cenitales, ayuda a homogeneizar la ventilación del invernadero. Se ha demostrado que las ventanas laterales con 3 m. de apertura tienen tasas de ventilación significativamente mayor que las de 2 m.

La orientación de las líneas de cultivo perpendicular a las ventanas laterales favorece el movimiento del aire en el interior del invernadero, pero como la dirección del viento puede variar, es recomendable disponer de ventanas perimetrales y que nuestro controlador climático discrimine la apertura en función de la dirección del viento, con el fin de optimizar la ventilación y de minimizar el riesgo de daños por viento.

La ventilación lateral combinada con la cenital, es la única forma de conseguir en número adecuado de renovaciones en invernaderos en clima cálido. Un mínimo de 30 renovaciones/hora y un óptimo de 45 a 60 renovaciones/hora. (Pérez-Parra *et al.*, 2004; Baeza *et al.*, 2009). Sobre todo, en invernaderos con anchura limitada 60m. A partir de 40 m de ancho las ventanas cenitales van ganando eficiencia frente a las laterales.

Y ahora, cuando nos hemos gastado un capital en las ventanas, tenemos que cubrirlas con malla, para proteger el invernadero de los insectos como Bemisia y Frankliniella y consecuentemente perder un porcentaje importante de la capacidad de ventilación.

Para la Tuta nos bastan orificios menores de 2 mm, pero para Bemisia, tenemos que reducir el hueco entre hilos a 0,24 mm y en el caso de Frankliniella a 0,19 mm. Tenemos que valorar el nivel de riesgo muy bien en cada caso, para adoptar la decisión más equilibrada, buscando máxima protección y máxima tasa de ventilación.

Las mallas tradicionales como 10x16 y 10x20 no te aseguran un control total de Bemisia y, por lo tanto, tampoco de Frankliniella, aunque la 10x20 tiene un nivel de protección alto a costa de reducir la tasa de ventilación, un 50% para la 10x16 y un 60% para la 10x20.

La nueva generación de mallas con hilos más finos, permiten un grado de protección mayor, con menor reducción de la tasa de ventilación. Hay modelos que protegen totalmente contra Frankliniella con tasas de ventilación mejores que la 10x20.

Finalmente, para agravar este problema tenemos que considerar la incidencia negativa del ensuciamiento de las mallas, lo que nos obliga a mantener limpia la malla si queremos mantener los niveles adecuados de ventilación.

Con el control de la ventilación tenemos como objetivo, reducir la temperatura, reducir la humedad y renovar el aire interior con un flujo de aire que mejore las condiciones de las plantas, por lo que debemos disponer de control independiente de las dos ventanas cenitales, dos frontales y dos laterales en función de la temperatura que marquemos, en varios periodos del día. Discriminando el grado de apertura de barlovento y sotavento en los periodos del día designados.

Con la finalidad de minimizar el impacto negativo de determinados factores climáticos se deben establecer límites de apertura en función de la velocidad del viento (esencial para la protección del invernadero), elevada humedad, lluvia, helada y radiación solar. También relacionando alguno de ellos. Por ejemplo, cuando se alcance el nivel de humedad que requiera ventilar, no debería activarse si la temperatura del invernadero no supera un mínimo determinado.

Cuando se active el cooling o sistema de humidificación se debe limitar la apertura de las ventanas. También debemos limitarlo cuando el nivel de radiación solar sea bajo y no genere temperatura interior suficiente.

Tampoco se deben abrir las ventanas cuando la temperatura exterior baje por debajo de un mínimo.

Todas estas funciones tienen que ser flexibles y adaptables a las circunstancias de cada invernadero.

4. Pantallas

El sombreado del invernadero es la práctica más extendida en los cultivos de invernadero de primavera y verano. Desde el mes de abril al mes de septiembre se hace indispensable para mejorar las condiciones del cultivo, reduciendo la temperatura y mejorando el DPV.

Podemos argumentar algunas de las ventajas de las pantallas:

- Reducción de temperatura por reducción de la radiación solar en las horas de mayor insolación
- Mejora del balance de humedad en el invernadero, mejorando el DPV
- Mejora la temperatura en las horas frías y el ahorro energético
- Previene la caída de temperatura por causa del aire frío acumulado por debajo del techo al amanecer
- Comparando con el blanqueo de techos, hay un mayor aprovechamiento de la energía solar.

El efecto del sombreado es muy variable en función de las circunstancias. Con una ventilación eficiente, su efecto sobre la reducción de la temperatura se reduce significativamente. También se muestra muy efectivo cuando las plantas son pequeñas, pero se reduce su efecto significativamente cuando las plantas están desarrolladas y tienen una mayor capacidad de

transpirar e incrementar por sí mismas la humedad del invernadero. Además, está demostrado que el sombreado incrementa el desarrollo foliar de las plantas y eso repercute en su mayor capacidad de transpirar.

El sombreado puede ser fijo o dinámico. Los sistemas de sombreado fijo son el blanqueado y las mallas de sombreo fijas. El sombreado fijo tiene un nivel de homogeneidad bajo, pero permite realizar la aplicación en varios pases, ajustando el nivel de sombreado progresivamente, para posteriormente lavar la pintura. En determinadas ocasiones, se instala una malla de sombreo, preferiblemente en el exterior, con un determinado nivel de transmisión de luz, adaptado a la zona y las condiciones del cultivo en cuestión. Estas mallas pueden disminuir la tasa de ventilación.

Vamos a centrarnos en las hortalizas de invernadero, que son plantas termófilas, que requieren unas temperaturas del aire entre 17 y 27 °C en la zona litoral y que además son de alta saturación lumínica, es decir, que no llegan a saturarse a niveles de máxima radiación (1.400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$).

También nos centraremos en los sistemas de sombreo dinámico con pantallas de sombreo, que son sobre las que podemos actuar con los sistemas de control de clima y con las que podemos obtener mejores resultados. El sombreo fijo actúa tanto en días soleados como nublados y durante todo el día, con lo que hay muchos periodos del día en el que está sombreando sin necesidad y provocando una reducción de la radiación solar requerida por el cultivo y esto tiene como consecuencia una reducción de la producción. El blanqueo de la cubierta es el sistema más empleado y compensa en cierta manera la falta de ventilación, con lo que su efecto es positivo en las circunstancias actuales, pero pensando en un futuro a corto plazo en el que vamos a tener que optimizar la producción, no es el sistema más recomendable.

Podemos clasificar las pantallas en 3 tipos:

- Pantallas de oscurecimiento
- Pantallas térmicas
- Pantallas de sombreo.

Las pantallas de oscurecimiento, cuando son totalmente opacas, para limitar las horas de luz y regular el fotoperiodo, pero también se emplean para limitar la radiación incidente sobre el cultivo de determinados tipos de plantas ornamentales. También se emplean para invernaderos dotados de luz artificial, evitando la contaminación lumínica.

Las pantallas térmicas, se emplean para optimizar el aprovechamiento energético, incrementando la temperatura nocturna, reduciendo las pérdidas de calor.

En invernaderos de hortalizas con sistemas de calefacción y pantallas térmicas móvil se puede obtener incrementos de producción superiores al 25% (Valera *et al.*, 2001).

También las de pantallas de ahorro energética pueden ser blancas con lo cual se mejora significativamente el ahorro energético, pero con un balance con el efecto de sombreo- difusión (Svensson,2020).

Las pantallas con efecto de difusión de luz mejoran sustancialmente la homogeneidad en la distribución de la luz.

Las pantallas de sombreado se emplean para reducir la radiación directa, evitando excesos de temperatura y estrés hídrico.

Originalmente, eran aluminizadas, pero ahora la tendencia es que sean de PE blanco, que forma un tejido con mayor o menor proporción de opaco en función del grado de sombreado requerido. En nuestras condiciones, un 40% de sobra es muy habitual.

Estas pantallas pueden ser abiertas o cerradas, cuando se deja el espacio poroso entre las tiras de PE blanco, para que pase el aire y ventile mejor. Aunque por estos huecos pasa la luz directa que puede afectar negativamente a las plantas. Las pantallas cerradas suelen tener mejor efecto, ya que el espacio entre las franjas opacas se cubre con plástico transparente difuso, que impide que, entre la radiación directa, mejora considerablemente el efecto térmico, asimilándolo casi al de una pantalla térmica.

En algunos países, las investigaciones relacionadas con el uso de estas pantallas indicaron que cuando se usaban durante la noche para reducir las pérdidas de calor, era posible obtener ahorros de calefacción entre 21 y 33% (Bailey, 1988).

En el IFAPA de La Mojonera, el equipo de Lorenzo *et al.*, ha llevado a cabo múltiples experiencias comparando el blanqueado de la cubierta con el empleo de pantallas de sombreado, obteniendo en cultivo de pepino 18,6 Kg/m² frente a 16,3 Kg/m². También obtuvieron buenos resultados sobre la producción precoz de pimiento el equipo de Sánchez-Guerrero *et al.* (2008).

La combinación de un sombreado dinámico que se activa en las horas centrales del día, con mayor radiación y un buen sistema de ventilación, que permite reducir el periodo de actividad de las pantallas, mejora los resultados, tanto en rendimiento, como en calidad del fruto.

Como referencia más actual podemos referirnos al trabajo realizado en el IFAPA de La Mojonera, por encargo de Svensson, en la primavera del 2013, en un cultivo de tomate, comparando el blanqueo de la cubierta con el empleo de la pantalla de sombreado Harmony 5215 O (52% de sombra con difusión de luz y abierta) (Figura 4). La pantalla se extendía cuando la temperatura interior superaba los 27-28 °C y la RS superaba los 700-750 W/m². Además, para aprovechar el efecto térmico de la pantalla, esta se extendía cuando la RS bajaba de 100 W/m².



Figura 4. Imágenes del ensayo realizado en el IFAPA comparando pantallas con blanqueo. *Fuente:* Svensson

Se obtuvo una radiación PAR 36% superior en la pantalla y consecuentemente un incremento de la producción de 2,5 Kg/m² adicionales y mayor proporción de frutos de I categoría.

2. Tecnología de producción

En un día concreto, el 18 de marzo, se registraron los siguientes valores. Observar la diferencia entre la referencia sombreada (línea gris) y la pantalla (línea verde) en la Figura 5.

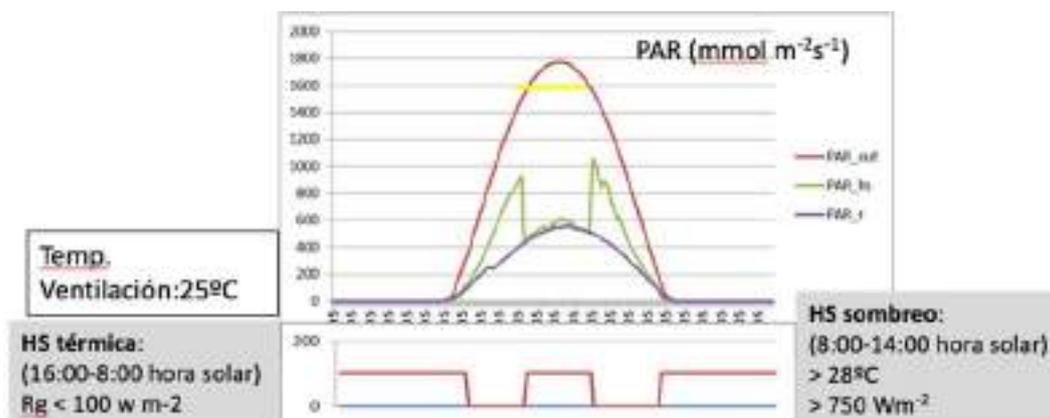


Figura 5. Gráfico de radiación solar exterior, PAR bajo pantalla y PAR con blanqueo. Fuente: Svensson, 2014

El resultado comparativo de radiación PAR interceptada a lo largo del cultivo se muestra en la gráfica de la Figura 6.

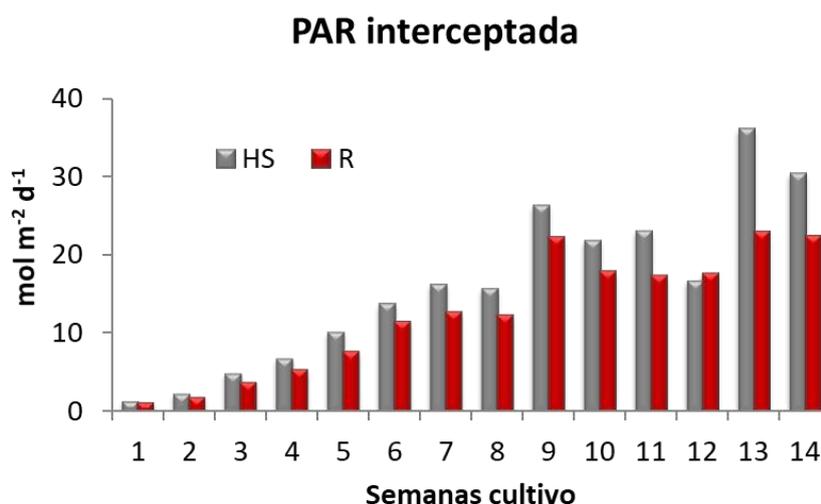


Figura 6. Gráfico de radiación PAR interceptada semanal, gris con pantalla, rojo con blanqueo

Como podemos ver, los parámetros empleados para el control de la pantalla fueron la Radiación Solar y la Temperatura. La intensidad de Radiación a partir de la que se extiende la pantalla y esto debería hacerlo gradualmente entre dos puntos, ejemplo: se extiende entre 50 y 90% de 700 a 800 w/m². Introducimos la temperatura para extender 27 °C, con lo que se extenderá siempre que la temperatura supere este punto.

También podemos introducir un diferencial de temperatura, por ejemplo, 5 °C, para evitar caídas bruscas al extender la pantalla.

Como opciones alternativas a esta se puede tomar la temperatura para calefacción como referencia, estableciendo un diferencial sobre esta temperatura, a partir de la que se inicia el extendido de la pantalla.

También es podría extender por temperatura exterior baja, actuando como ahorro energético. Así como iniciar el extendido por la tarde antes de que baje el sol y acumular un calor que favorecerá el ahorro energético nocturno.

Retrasar la apertura por la mañana, cuando se detecte una diferencia de temperatura significativa por encima de la pantalla y así evitar el shock de las plantas. O simplemente abrir por pasos en la mañana para un calentamiento gradual del aire y las plantas, que evitara la condensación de agua en las plantas.

Se pueden establecer límites a la extensión de la pantalla por humedad alta y por temperatura alta, para favorecer la ventilación.

Hay influencias específicas que se podrían emplear en casos especiales, como la influencia por viento/lluvia, en el caso de pantallas exteriores.

Los sistemas de pantallas en invernaderos de alta tecnología se componen de doble pantalla, una de sombreado y otra térmica, que se complementan y optimizan los efectos beneficiosos de las pantallas. Mediante el sombreado reducimos el efecto de la alta insolación y por lo tanto el incremento de la temperatura en el interior y mediante la pantalla térmica, optimizamos el calor en el interior del invernadero, ahorrando energía en la calefacción, entre otras ventajas.

Disponemos de una gama muy amplia de pantallas, lo que nos permite elegir la que mejor se adecua nuestras necesidades en cada caso. En los invernaderos del Sureste Español y pensando en instalar solo una pantalla y al margen de lo que puedan recomendar los distintos departamentos técnicos de las empresas fabricantes, se puede pensar en pantallas de PE blanco, cerradas, con un 40% de sombra y efecto difuso. Tienen un buen efecto de sombreado, con luz difusa y también un buen efecto térmico por la noche. Hay agricultores que prefieren emplear una pantalla única y eligen una pantalla térmica con luz difusa, priorizando el efecto térmico y complementando con blanqueo del invernadero.

Con el uso de doble pantalla se pueden establecer estrategias de control específicas en las que se optimiza el efecto de las pantallas, pudiendo mantener un nivel de intensidad luminosa uniforme y constante en el cultivo (Sistema PARperfect de Svensson).

5. Enfriamiento por evaporación de agua

Ya hemos visto dos sistemas que permiten bajar la temperatura interior del invernadero, la ventilación y las pantallas de sombreado, pero cuando vamos entrando en periodo estival y la temperatura exterior se incrementa superando los 30 °C, tenemos que recurrir al enfriamiento por evaporación de agua. El agua, al pasar de líquido a vapor, absorbe calor y esta evaporación continua hasta saturar el aire (humedad relativa 100%).

Cuando se dan altas temperaturas, por encima de 30 °C, con elevada RS, la humedad relativa puede descender a niveles muy bajos <25% y como consecuencia tenemos valores de ETo máximos, lo que provoca una alta demanda evaporativa, que puede exceder la capacidad de absorción de las raíces, sobre todo en plantas pequeñas, provocando el cierre de estomas y por lo tanto una pérdida del potencial de crecimiento y producción del cultivo en cuestión.

2. Tecnología de producción

El uso combinado de sombreado, ventilación y humidificación puede neutralizar estas condiciones climáticas adversas, evitando consecuencias negativas en el cultivo.

La humidificación es el sistema más efectivo para enfriar el invernadero y equilibrar las condiciones climáticas en el interior del mismo. Reduce la temperatura e incrementa la humedad relativa del aire, mejorando el DPV y como consecuencia el cultivo en general.

Juan Ignacio Montero *et al.* llevaron a cabo estudios sobre el comportamiento del clima del invernadero en distintas condiciones ambientales, para cultivo joven y desarrollado.

En un clima húmedo con 900 w/m; 25,3 °C y 71% de HR tenemos la gráfica de la Figura 7.

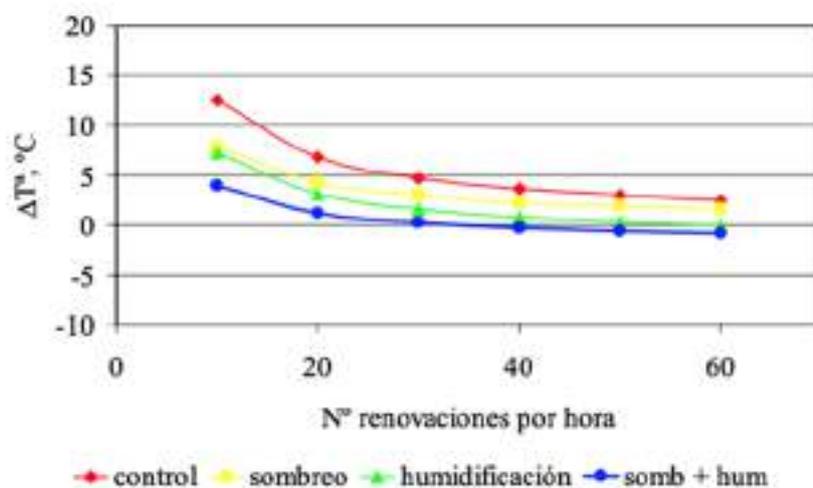


Figura 7. Gráfico de variación de temperatura en función de las renovaciones por hora en un invernadero con plantación joven, en clima húmedo. 900 w/m; 25,3 °C, 71% HR

En un clima más seco con 900 w/m²; 28,4 °C y 38% de HR el comportamiento vario, bajando más la temperatura con la humidificación por mayor capacidad evaporativa, ya que partimos del 38% hasta alcanzar la saturación (Figura 8).

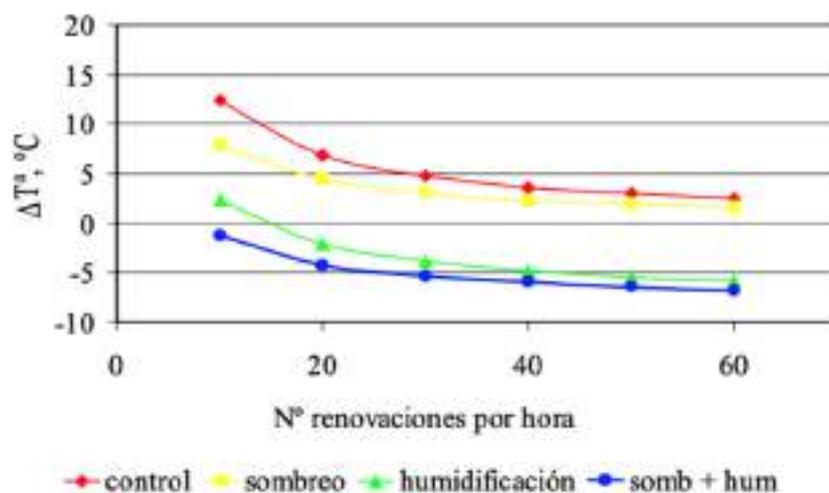


Figura 8. Gráfico de variación de temperatura en función de las renovaciones por hora en un invernadero con plantación joven, en clima seco. 900 w/m; 28,4 °C, 38% HR

Si además este cálculo lo hacemos en un invernadero sin cultivo, para eliminar el efecto que tiene la transpiración del cultivo sobre el clima del invernadero, tenemos las gráficas de la Figura 9.

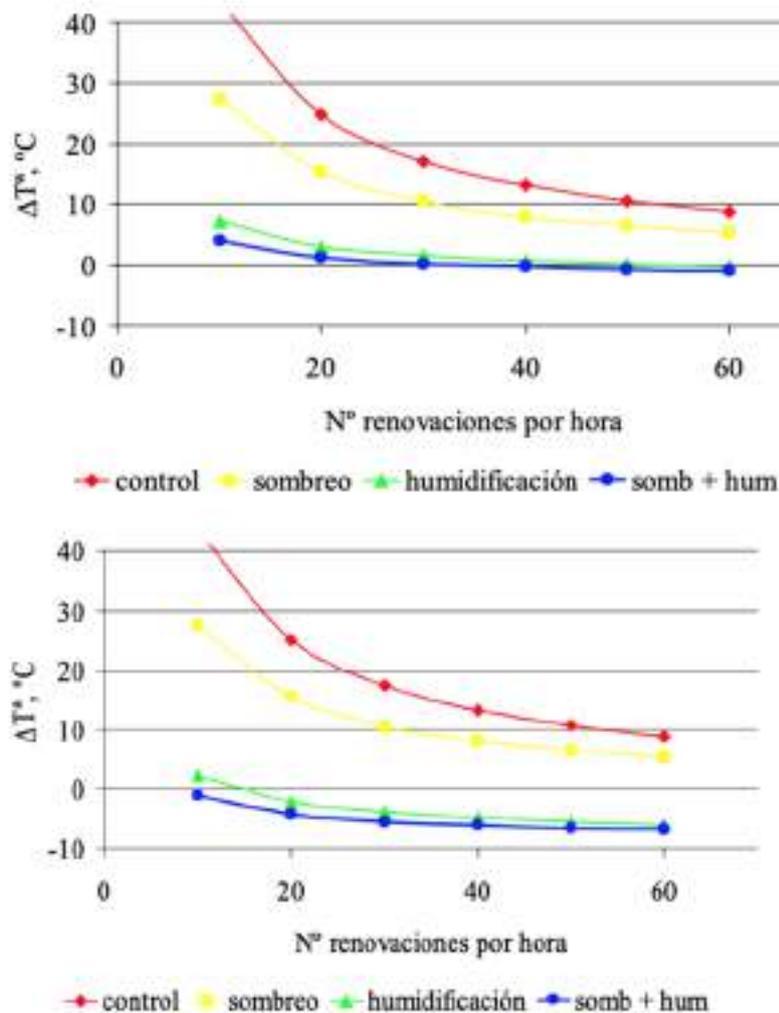


Figura 9. Gráfico de variación de temperatura en función de las renovaciones por hora en un invernadero sin cultivo

Vemos que el efecto del sombreado y la humidificación se atenúa con el incremento de la ventilación. Vemos que cuando incrementamos la tasa de renovaciones de aire mejora la temperatura, pero el sistema de humidificación tiene que tener capacidad suficiente para mantener la humedad con tasas elevadas de ventilación, del orden de 60 renovaciones por hora. Muchas ocasiones, la humidificación compensa la falta de ventilación de los invernaderos, mejorando las condiciones ambientales para el cultivo, disminuye la temperatura e incrementa la humedad, con lo que se consigue mejorar el DPV.

Cuando partimos de un nivel de humedad bajo podemos bajar la temperatura bastantes grados por debajo de la temperatura exterior. Esto lo vamos a ver gráficamente usando el diagrama psicrométrico (Figura 10).

Podemos reducir la temperatura desde 30 °C a 28 °C incrementando la humedad relativa del 35% al 80% por medio de la humidificación, aportando 4 g de agua por kg de aire. Este parámetro es el que nos sirve para calcular la capacidad del sistema de humidificación.

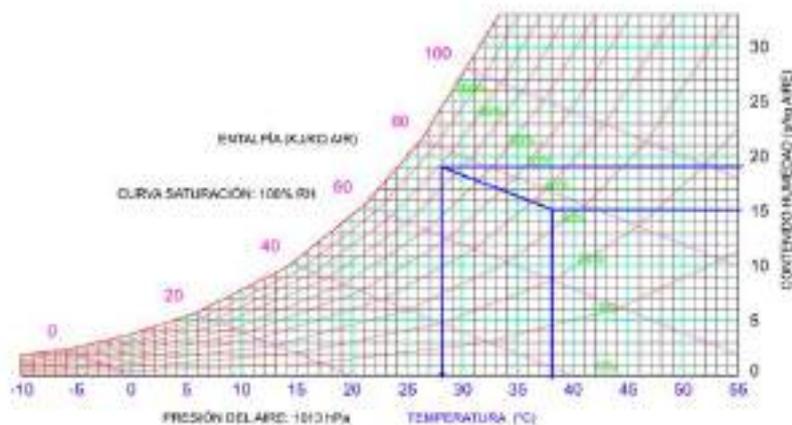


Figura 10. Gráfico psicrométrico que muestra la reducción de temperatura por evaporación de agua

Disponemos de distintos sistemas de humidificación:

Paneles evaporativos (Pad&Fan)

En un lateral del invernadero se dispone un panel de material poroso que se mantiene húmedo mediante un sistema que le aporta agua por la parte superior y en el otro lateral se instalan ventiladores que extraen aire del invernadero y que fuerzan el paso de aire del exterior a través del panel húmedo, humedeciendo el aire.

Este sistema es muy eficaz en invernaderos que sean estancos y que no midan más de 40m de ancho, para tener una homogeneidad de enfriamiento razonable.

En ambientes desérticos con HR bajas, se puede reducir hasta 10 °C la temperatura, pero en condiciones de la costa mediterránea, suele oscilar entre 3 y 6 °C.

Una variante de este sistema son los módulos evaporativos que se instalan en el exterior del invernadero para introducir aire húmedo y frío al interior. Este sistema se aplica a invernaderos o compartimentos de invernadero de dimensiones mas reducidas, en los que no resulta fácil instalar un sistema Pad&Fan. La distribución del aire fresco y húmedo en el interior del invernadero se hace a través de tubos con orificios. Es importante tener en cuenta el caudal de aire aportado para dimensionar el sistema, de tal forma que se produzcan las renovaciones de aire por hora necesarias para mantener la temperatura requerida.

Fog de alta presión

Son sistemas que trabajan a presiones entre 70 y 120 bar, produciendo gotitas entre 5 y 15 micras, que se evaporan inmediatamente al entrar en contacto con el aire, con lo que se reduce la temperatura del aire y se evita mojar el cultivo. Las boquillas tienen orificios entre 0,15 y 0,5 mm, dando caudales de agua entre 3 y 15 litros/hora.

Las boquillas se instalan enroscadas en tuberías de acero inoxidable, que se sitúan sobre el cultivo, como mínimo a 1m de altura, para evitar que moje el mismo. Como ejemplo de una instalación típica en nuestras condiciones de clima mediterráneo cálido, es instalar una barra de fog debajo de cada canal de las capillas del invernadero de 9,60m, con boquillas a 1,5 m, orientadas a ambos lados alternativamente.

Debido al pequeño tamaño del orificio de las boquillas, se requiere agua filtrada y osmotizada, libre de partículas y de sales, para evitar obstrucciones.

Fog aire-agua

Hay una modalidad de fog basada en la combinación de aire y agua, el aire a presión vaporiza el agua a través de una boquilla, como un spray, con lo que se pueden conseguir distribuciones bastante homogéneas. El tamaño de la gota puede variar entre 5 y 70 micras, en función del caudal de la boquilla y la presión de aire. Boquillas de 0,8 mm, con caudales de agua entre 3 y 10 lph. Para conseguir tamaños de gota bajos, que se evaporen y no mojen el cultivo, se recomiendan caudales bajos y presiones altas de aire. Se aconsejan 6,4 m entre líneas y 2,5 m entre boquillas. Para optimizar el tamaño de gota, 39 micras, se aconsejan presiones de aire de 2 bar y agua 3 bar. 0,4 m³/hora de aire por boquilla y 7,46 litros/hora de agua por boquilla. Estos sistemas, también se emplean para aplicar tratamientos fitosanitarios.

Nebulización de baja presión

Trabaja entre 3 y 5 bar, con boquillas que dan entre 5,5 y 14 lph.

Las gotas son de mayor tamaño que en el fog de alta presión, con una media de 65 micras, con lo que habitualmente se ven manchas de humedad debajo de las boquillas, llegando a mojar el cultivo. La ventaja es su fácil instalación y menor coste comparado con los sistemas anteriores. Tiene menor alcance y requiere una densidad mayor de boquillas.

Cada sistema requiere de modalidades de control adaptadas a los mismos, con tiempos de activación y secuencias y trabajo. En los sistemas de alta presión suelen darse pulsos cortos, de algunos segundos, para favorecer la evaporación y evitar el mojado del cultivo.

6. Control de humedad en el invernadero

La humedad en el invernadero es uno de los factores esenciales y más complicados de mantener en un rango óptimo para el cultivo. Situaciones de estrés, desarrollo de enfermedades y pérdidas en el rendimiento, son directamente provocados por las fluctuaciones de la humedad en el ambiente del invernadero.

El contenido de vapor de agua en el aire representa entre el 1 y 4% del volumen total. Además, la capacidad del aire para contener vapor de agua se incrementa con la temperatura. Dicho de otra forma, se requieren más gramos de agua para saturar el aire conforme se incrementa la temperatura del mismo.

La humedad relativa es la referencia más empleada. Es la medida, en porcentaje, del vapor de agua en el aire comparado con la cantidad total de vapor que puede contener el aire a una temperatura dada. Mientras que la humedad absoluta es el contenido de agua en gramos por kg de aire.

El Déficit de Presión de Vapor (DPV) es una medida que se viene usando con mayor frecuencia por los sistemas de control de humedad y sirve para medir mejor la respuesta del cultivo a las condiciones ambientales.

2. Tecnología de producción

DPV o déficit de saturación, que expresa la cantidad de agua que el aire, a una determinada temperatura, puede aun absorber antes de alcanzar la saturación, expresada en unidades de presión de vapor Kilo Pascales kpa o mili bares Mb. (N. Castilla). 1 atmósfera= 1013 milibares Mb= 101,3 kilopascales kpa (Figura 11).

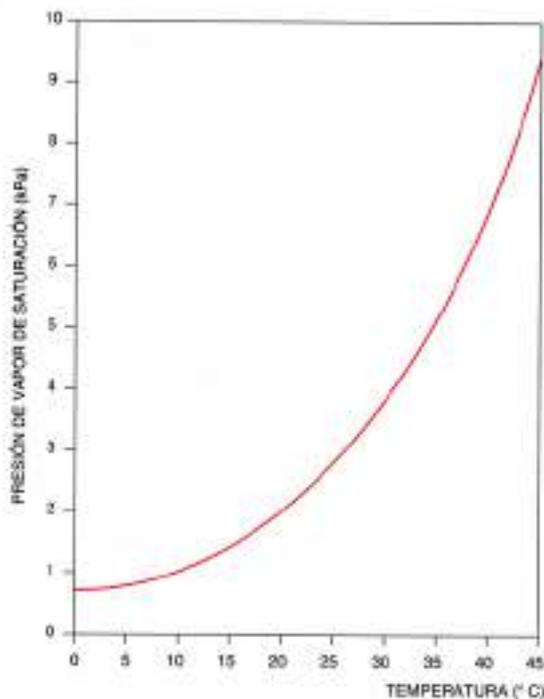


Figura 11. Gráfico de presión de vapor de saturación con la temperatura

Los problemas de calidad provocados por la humedad son los resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Problemas de calidad provocados por una humedad muy alta o baja

Humedad muy baja	Humedad muy alta
Tip Burn	Exudación en hoja
Marchitez	Goteo o gutación en hoja
Hojas pequeñas	Crecimiento tierno
Plantas pequeñas	Deficiencias minerales
Ácaros	Enfermedades
Enrollado de hoja	

En la Tabla 3 podemos ver los valores de DPV en Mb a distintas temperaturas y HR y su rango óptimo.

Los valores entre 8 y 10 se consideran ideales.

Valores superiores a 12,5 (área sombreada en la esquina inferior izquierda) deben activar los mecanismos de humidificación, como el fog.

Valores inferiores a 4,5 (área sombreada a la derecha) deben activar los mecanismos para reducir la humedad.

El proceso de reducción de la humedad se inicia con la ventilación, siempre que las condiciones exteriores lo permitan. También con el incremento de la temperatura, combinado con un grado

de ventilación. Estrategias en el manejo de pantallas, evitan problemas de humedad alta. Manteniéndolas extendidas durante la noche para que guarden el calor irradiado.

Situando fuentes de calor cerca de la planta, calefacción del cultivo.

La humidificación se realiza por medio de sistemas como el fog, nebulizadores y también con estrategias en el manejo de pantallas, que mantienen la humedad traspirada por las plantas al tiempo de reducen el incremento de temperatura por la radiación solar. Estrategias combinadas optimizan este control.

Tabla 3. Valores de DPV en milibares, mostrando el rango óptimo y los valores que requieren humidificación y reducción de la humedad, en función de la temperatura. *Fuente:* British Columbia University

Temp C	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
15	0.0	0.8	1.7	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5
16	0.0	0.9	1.8	2.8	3.7	4.6	5.5	6.4	7.3	8.2	9.1
17	0.0	1.0	2.0	2.9	3.9	4.9	5.8	6.8	7.8	8.8	9.7
18	0.0	1.0	2.0	3.1	4.1	5.1	6.2	7.2	8.2	9.3	10.3
19	0.0	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.9	11.0
20	0.0	1.2	2.4	3.5	4.7	5.9	7.0	8.2	9.4	10.6	11.7
21	0.0	1.2	2.4	3.7	4.9	6.2	7.4	8.6	9.9	11.1	12.4
22	0.0	1.3	2.6	3.9	5.3	6.6	7.9	9.2	10.5	11.9	13.2
23	0.0	1.4	2.8	4.2	5.6	7.0	8.5	9.9	11.3	12.7	14.1
24	0.0	1.5	3.0	4.5	5.9	7.4	8.9	10.4	11.9	13.4	14.9
25	0.0	1.6	3.2	4.8	6.4	8.0	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9
26	0.0	1.7	3.4	5.1	6.7	8.4	10.1	11.8	13.4	15.1	16.8
27	0.0	1.8	3.5	5.3	7.1	8.9	10.7	12.4	14.2	16.0	17.8
28	0.0	1.9	3.8	5.7	7.6	9.5	11.4	13.3	15.1	17.0	18.9
29	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
30	0.0	2.1	4.2	6.4	8.5	10.6	12.7	14.8	17.0	19.1	21.2

7. Enriquecimiento carbónico del aire CO₂

La concentración media de CO₂ en el aire esta alrededor de 400 ppm, que está por debajo del nivel óptimo para el crecimiento y la productividad de los cultivos. Además, este nivel atmosférico se reduce en el interior de los invernaderos durante el día, condicionado por la limitación en ventilación.

La aplicación de CO₂ es una práctica habitual en los invernaderos nórdicos, que disponen de calefacción, como fuente de producción de CO₂ a partir de los gases de combustión. Pero en el contexto de los invernaderos de baja tecnología del área mediterránea, esta práctica no está ni mucho menos implantada. Hay que tener en cuenta que estos invernaderos tienen que ventilar tan pronto como sale el sol y empieza a subir la temperatura y entonces perdemos mucho CO₂ por las ventanas. Como además no disponen de calefacción, no tienen una fuente de producción de CO₂ y tendría que aplicarse CO₂ puro, lo que encarece considerablemente el coste de esta aplicación.

En el caso de invernaderos del área mediterránea, en los que la calefacción puede resultar insuficiente para cubrir las necesidades de CO₂ una parte importante del año, hay que recurrir a sistemas mixtos, complementando el CO₂ producido por la combustión con CO₂ puro.

Es esencial disponer de un sistema de distribución homogéneo, con tuberías de PE perforadas o incluso empleando cintas de riego, con gotero integrado, como red de distribución.

2. Tecnología de producción

En los estudios realizados en el IFAPA por Sánchez-Guerrero *et al.* combinando el enriquecimiento con CO₂, en distintos tipos de invernadero, con calefacción o no, se obtuvieron los siguientes resultados, expresados como incremento de producción en porcentaje (Tabla 4).

Tabla 4. Cuadro de incrementos de producción obtenidos %, aplicando calefacción y CO₂ a distintos cultivos. Fuente: Sánchez Guerrero *et al.*

Cultivo	Tipo invernadero	Calefacción CO ₂ /Testigo	[CO ₂] _{máx} (μmol m ⁻² s ⁻¹)	ΔP (%)
Pepino otoño ¹	Multitúnel	No/No	700	19
Pepino otoño ¹	Parral mejorado	Si/Si	600	26
Pepino otoño ¹	Parral mejorado	Si/No	600	56
Judía primavera ¹	Parral	No/No	600	12
Judía otoño ¹	Parral	No/No	600	17
Judía Primavera ²	Parral mejorado	Si/No	600	20
Pimiento otoño ³	Multitúnel	No/No	750	19
Pimiento otoño ⁴	Verio	No/No	800	25
Pimiento primavera ⁵	Multitúnel	No/No	750	22
Tomate cherry ⁶	Multitúnel	No/No	700	15

Observar que, en el caso del pepino de otoño, aplicando CO₂ y calefacción, se obtiene un incremento de la producción del 56%, pero por el efecto exclusivo del enriquecimiento con CO₂, se obtiene un 26%.

En el norte de Europa se trabaja con niveles de CO₂ del orden de 1.000 ppm, cuando se dispone de elevada radiación solar y esto da niveles de fotosíntesis elevados, pero en nuestras condiciones, la elevada radiación va asociada a temperaturas altas, que nos obligan a ventilar, con lo que nuestra estrategia tiene que ajustarse a estas circunstancias para optimizar y rentabilizar esta aplicación.

Los equipos de control climático de alto nivel, consideran distintos factores para optimizar la aplicación de CO₂, haciendo variar la dosis de CO₂ en función de la radiación, la apertura de las ventanas, la velocidad y dirección del viento, entre otros.

Los equipos más sofisticados disponen de estrategias de aplicación inteligente, que tienen en cuenta el coste de la dosis aplicada en relación con el potencial productivo generado por la aplicación.

La aplicación de CO₂ en invernaderos del área mediterránea, combinados con calefacción en los periodos fríos y gestionados por un sistema de control climático de alto nivel, que permita regular la dosis en función de distintos parámetros y en función del potencial productivo que genera en cada momento. Optimiza la producción tanto en cantidad como en calidad, además de repercutir en un mejor aprovechamiento de los recursos empleados en la producción, por el incremento de los rendimientos, la calidad y en definitiva el retorno económico generado.

8. Calefacción

La temperatura es uno de los factores determinantes del crecimiento y desarrollo de las plantas y en las plantas termófilas especialmente. (Tomate, pimiento, melón, pepino, calabacín, etc.).

Temperaturas mínimas inferiores a 12 °C ralentizan el crecimiento, afectando a su potencial productivo. La mayor parte de la producción en invernadero de estas hortalizas se concentra en el litoral mediterráneo y concretamente en el sureste, entre Almería, Murcia y costa de Granada. Además, con ciclos de producción de pleno invierno, para exportación, complementando los ciclos de producción del Norte de Europa.

En el gráfico de temperaturas del Poniente Almeriense podemos ver que hay un corto periodo, en los meses de enero y febrero que se dan temperaturas mínimas limitantes para los mencionados cultivos y que deben ser compensadas en mayor o menor grado por la estructura del invernadero, su equipamiento y en determinados casos, por algún tipo de calefacción (Figura 12).

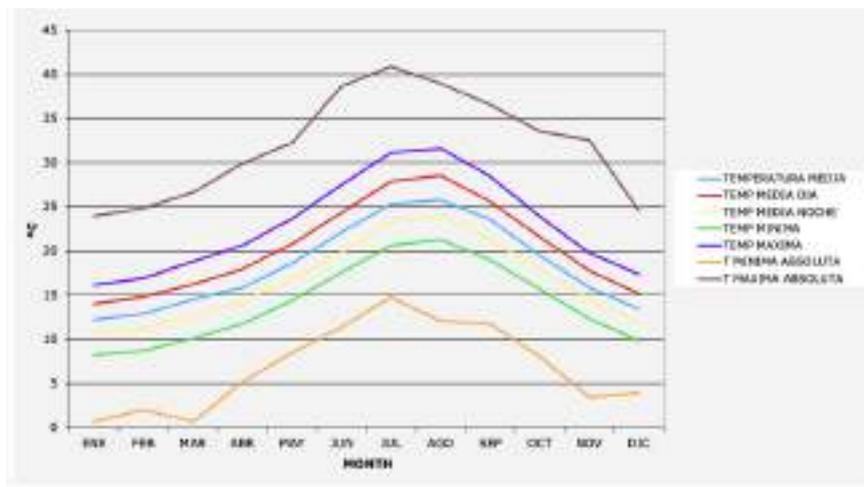


Figura 12. Temperaturas en el Poniente Almeriense

Claro que cuando nos desplazamos a zonas más al norte y más al interior, estas temperaturas empeoran y entonces se requiere una estructura de invernadero más sofisticada y la calefacción se vuelve indispensable.

Hay un cuadro publicado por N. Castilla que puede servir de referencia, aunque estos rangos de temperatura pueden variar en función de variedades (Tabla 5).

Tabla 5. Temperaturas óptimas para distintos cultivos. Fuente: Castilla, 2005

Cultivo	Aire (°C)		Sustrato (°C)
	Día	Noche	
Tomate	22-26	13-16	15-20
Pepino	24-28	18-20	20-21
Melón	24-30	18-21	20-22
Judía	21-28	16-18	15-20
Pimiento	22-28	16-18	15-20
Berenjena	22-26	15-18	15-20
Lechuga	15-18	10-12	10-12
Fresa	18-22	10-13	12-15
Clavel	18-21	10-12	10-15
Rosa	20-25	14-16	15-18
Gerbera	20-24	13-15	18-20
Gladiolo	16-20	10-12	10-15

Teniendo como objetivo fundamental en una explotación agrícola optimizar el rendimiento económico y siendo la calefacción uno de los capítulos que más puede pesar en los costes de producción, nos vemos obligados a establecer estrategias de control climático adaptadas a nuestras circunstancias. Quiero decir, que no siempre podremos recuperar el coste de calefacción cuando intentamos llegar a los niveles óptimos. De hecho, en los invernaderos del área mediterránea, solo hay un porcentaje pequeño de explotaciones que emplean calefacción en sus cultivos. Los invernaderos de plantas ornamentales, los semilleros, las especialidades de tomate, pimiento y algún caso de este orden. Las producciones de hortalizas convencionales, como las llaman nuestros clientes “comodities”, no generan margen suficiente para compensar el coste de la calefacción.

La calefacción por aerotermos es la más básica y suele ser la opción elegida cuando el objetivo es mantener una temperatura mínima de seguridad, que evite daño por frío. Este sistema no es el más recomendable para mantener temperaturas óptimas, entre otras razones, por la dificultad en conseguir una distribución uniforme. Generalmente se instalan tubos de distribución del aire caliente y siempre representan un obstáculo en el invernadero. Es un sistema on/off, que produce picos de sierra, al activar y parar.

Sistemas de calefacción por agua caliente

Hay varios puntos a tener en cuenta cuando nos planteamos instalar calefacción en nuestros invernaderos:

En primer lugar, evitar pendientes pronunciadas, mayores del 1%, el calor se desplazará a las zonas más altas, con lo que la distribución no será uniforme.

La hermeticidad del invernadero es esencial para tener un buen aprovechamiento energético. Un invernadero de vidrio se estima que tiene entre 0,75 y 1,5 renovaciones de aire por hora, mientras que un buen multitúnel tiene de 1 a 1,5 rph. Pero si dotamos al multitúnel de cámara hinchable en la cubierta, conseguimos reducirlo a 0,5- 1 rph, con lo que hay un ahorro energético significativo.

Otros elementos indispensables cuando instalamos calefacción son las pantallas con efecto térmico, puede ser una pantalla mixta cerrada, con buen efecto térmico, hasta un 45% de ahorro, reduciendo el volumen de aire a calentar y manteniéndolo en el área de cultivo (Figura 13). Mejor una pantalla térmica, que puede ahorrar hasta un 47% de energía, dejando pasar la luz y con efecto difusor.

Generalmente se elige entre la cámara de aire en la cubierta o la instalación de pantallas térmicas, ya que tienen un efecto similar sobre el ahorro energético. Los nuevos plásticos, más transparentes, han mejorado la transmisión de luz solar al interior del invernadero.

Hay diversos sistemas de calefacción por agua caliente, se elige el más adecuado en cada caso. En cultivos ornamentales la calefacción por suelo radiante suele ser una buena opción. En la foto se pueden observar las válvulas de tres vías que regulan el paso de agua caliente a la red que alimenta los tubos enterrados, con ida y vuelta, tubería de agua caliente y retorno de la fría (Figura 14). También vemos las bombas de recirculación de cada sector. Esta calefacción se regula de acuerdo con la sonda de suelo que se pincha en el sustrato, para conseguir la

temperatura deseada en cada momento. También se puede regular de acuerdo con la sonda de temperatura del aire.

Para instalar correctamente este sistema se emplea una base aislante sobre la que se distribuyen las tuberías. Observad la tubería roja de agua caliente y la azul, de retorno del agua, después de recorrer el circuito (Figura 15).



Figura 13. Detalle del sistema de inflado de la cubierta de plástico



Figura 14. Instalación de calefacción por suelo radiante. Detalle de las válvulas de 3 vías y las bombas de recirculación



Figura 15. instalación de calefacción por suelo radiante. Detalle de la base aislante para instalar las tuberías de calefacción

2. Tecnología de producción

El sistema convencional es la calefacción por raíles en el suelo, apoyada con la calefacción de cultivo. Se instala a nivel del cultivo y se ajusta la altura de la tubería en función de la zona de crecimiento.

La red de calefacción principal, que es la de los raíles, trabaja a una temperatura alta, mientras que la red de cultivo, suele trabajar entre 30 a 40 °C, ya que está muy cerca y así se optimiza el efecto. En la foto se puede apreciar perfectamente la ubicación de ambas redes y la de cultivo es móvil (Figura 16).



Figura 16. Instalación de calefacción por raíles y combinada con calefacción de cultivo de altura regulable

La temperatura de las redes se puede incrementar por elevada humedad, para evitar la condensación de agua en las plantas y consecuentemente, facilitar la transpiración y la no proliferación de enfermedades fúngicas.

En los países nórdicos suele haber algunas redes adicionales, una red perimetral de apoyo a la principal y otra red que se ubica bajo el canalón para prevenir la acumulación de nieve y el bloqueo del canalón.

Los elementos que completan la instalación son las calderas, intercambiadores y redes de transporte. Las calderas, donde se produce la combustión del gas o del combustible elegido para calentar el agua de la red primaria, que circulara en el interior de la sala de calderas, pasando por los intercambiadores y calentando la red de transporte, que llevara el agua caliente hasta el invernadero (Figura 17). El sistema más empleado es el gas natural, pero hay otras alternativas, como las calderas de biomasa, que consumen pellet y otros materiales procedentes de reciclado.

Con el fin de generar CO₂ con la combustión de las calderas, se instala un dispositivo, mediante el que se almacena el agua caliente en un tanque de acumulación, para ser empleada durante las horas frías de la noche. Los gases generados en la combustión se filtran para acondicionarlos antes de enviarlos al invernadero.

El diseño de las redes de transporte se adapta a las condiciones de los distintos invernaderos de la finca. Desde la sala de calderas, distribuyen el agua caliente hasta los distintos compartimentos y retornan el agua fría, después de haber calentado en compartimento correspondiente. La gestión del funcionamiento de estas redes es esencial, para tener un buen aprovechamiento de la energía. A partir de la temperatura de la red, tanto de ida como de

vuelta, también la presión a la que trabaja, se regula el caudal de las bombas y el flujo de agua caliente con las válvulas de tres vías motorizadas (Figura 18).



Figura 17. Sala de calderas, quemador y tuberías red primaria



Figura 18. Colector para las redes de distribución y transporte a los distintos invernaderos, bombas de transporte y válvulas de tres vías

Muy importante, el trazado y el aislamiento de las tuberías de transporte.

Resumiendo, podemos decir que, hay múltiples posibilidades de dotar de calefacción unos determinados invernaderos y siempre hay que elegir el más adecuado en función de los requerimientos del cultivo a realizar, la ubicación y el tipo de invernadero. Además, es esencial el sistema de control que se vaya a emplear, por la funcionalidad, que nos permita regular la calefacción como queremos, pero también por su fiabilidad y facilidad de manejo.

9. Iluminación artificial

La radiación solar o en su defecto la iluminación artificial es esenciales para que se produzca la fotosíntesis en las plantas. La intensidad, cantidad y calidad de la luz influyen directamente en la fotosíntesis y fotomorfogénesis. Concretamente la energía solar total disponible, la duración del día y la noche y la calidad de esa radiación. (Hanan 1998).

La radiación solar al atravesar nuestra atmosfera y llegar a la superficie terrestre tiene una longitud de onda comprendida entre 300 y 2.500 nm., distinguiendo tres categorías en función del rango de longitud de onda:

- Ultravioleta < 380 nm y supone del 2 al 4% de la energía de la radiación global.
- Radiación visible 380 a 780 nm., supone entre el 45 al 50% de la radiación global. Y dentro de esta categoría esta la Radiación PAR (fotosintéticamente activa) 400 a 700 nm, representa el 48% de la radiación global.
- Radiación Infrarroja 780 a 5.000 nm. Representa alrededor del 50% de la radiación global.

La radiación global fuera de la atmosfera esta entre 1.360 y 1.395 W/m², pero a nivel de la superficie terrestre no se supera el 75% de la misma. Esta intensidad varia con el ángulo de incidencia, por lo tanto, depende de la latitud del lugar y varia también estacionalmente. La cantidad de radiación solar se mide en MJ/m² (1 kWh/m²= 3,6 MJ/m²).

La intensidad de la radiación PAR se suele expresar en $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, de forma que 1W/m² de radiación PAR equivale a 4,57 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, pero si proceden de una lámpara HPS, serán 4,98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. Para expresarlo más correctamente, la medida en $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ corresponde a PPF (Densidad de Flujo de Fotones Fotosintéticos).

Para las especies hortícolas termófilas (tomate, pimiento, melón, ...) según Nisen *et al* 1988, los requerimientos mínimos diarios son 2,35 kWh/m² que equivale a 8,46 MJ/m².

Como hemos mencionado anteriormente, la intensidad de radiación solar y la duración del día, dependen de la latitud y las condiciones climáticas de la zona en cuestión. Almería tiene un mínimo en diciembre que limita el potencial de producción de estos cultivos. Por lo que solo en latitudes más al norte se ha venido empleando la iluminación artificial. Claro que hay algunas excepciones de cultivos exigentes y con elevado valor económico, que han justificado el empleo de iluminación en el Sureste español.

La finalidad de la iluminación suplementaria es potenciar la fotosíntesis en el periodo de día. Para lo que se requiere optimizar el resto de factores, como la temperatura y el enriquecimiento de CO₂. También se persigue alargar el día, con lo que se consigue incrementar la energía acumulada diaria, además de alargar el fotoperiodo, lo que tiene efecto sobre la floración de muchas plantas, en función de que sean de día largo, día corto o de día neutro.

Tradicionalmente, se han venido usando las lámparas de vapor de sodio de alta presión HPS con una potencia entre 500 y 1000 w, que se instalan a una altura sobre el cultivo para que distribuyan la luz uniformemente, 2 m es una altura recomendada y el marco puede variar entre 6 y 15 m² por lámpara, en función de la intensidad requerida (Figura 20). Por ejemplo, para una intensidad de 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ y empleando lámparas HPS de 1000 w, se plantea un marco de 4

m entre líneas y 3,75m entre lámparas. Para conseguir estos $120 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ se instala una potencia de $66,67 \text{ w}/\text{m}^2$.

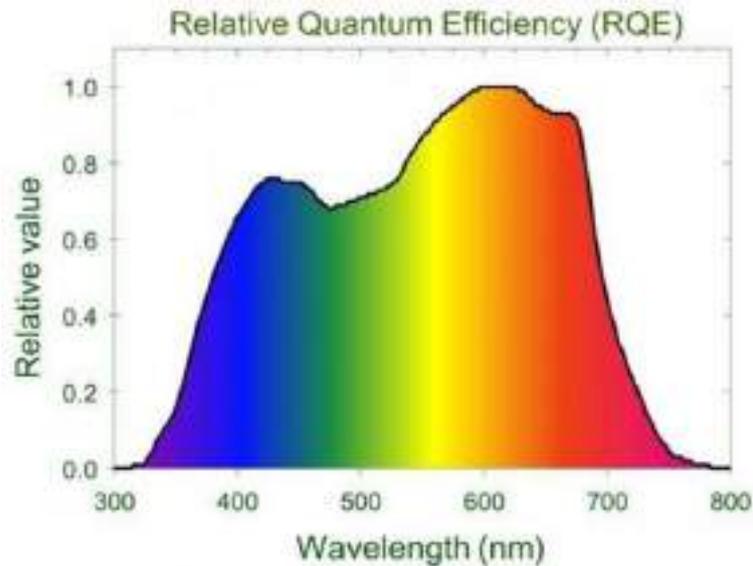


Figura 19. Curva de eficiencia cuántica relativa de la fotosíntesis. *Fuente:* Erik Runkle de McCree, 1972



Figura 20. Invernadero de pepinos con iluminación artificial con lámparas de sodio de alta presión

La aparición de las lámparas LED (Light Emitting Diode) han supuesto una revolución en la horticultura moderna. Y es un campo en el que se avanza a gran velocidad, tanto en el desarrollo tecnológico, como en el conocimiento de los efectos que producen los distintos rangos de espectro sobre las plantas, siempre en función del objetivo perseguido, que puede ser muy variado. Crecimiento vegetativo, generativo, contenido en determinados compuestos químicos en las plantas, etc. Se pueden configurar espectros a medida, combinando LEDs de diferentes longitudes de onda. Esta tecnología nos permite ser más eficientes en el consumo energético y obtener mejores resultados en los cultivos, comparando con las lámparas HPS. Concretamente, en viveros de flores se obtienen ahorros superiores al 35%, optimizando el crecimiento y calidad

de las plantas (Figura 21). En las especificaciones de las lámparas LED nos ofrecen hasta 2,5 $\mu\text{mol}/\text{W}$, incluso, hasta 3 $\mu\text{mol}/\text{W}$ y del tipo de luz que mejor se adapta a nuestros cultivos.



Figura 21. Invernadero con iluminación por lámparas LED, de intensidad y espectro regulables

Actualmente, se están llevando a cabo instalaciones híbridas, en las que se combina HPS y LED, con la finalidad de optimizar los resultados a un coste de instalación más ajustado.

El control de la iluminación artificial basada en lámparas HPS es distinta de como se hace en el caso de LED. Generalmente se pueden establecer varios periodos al día y ajustarlos en un horario fijado o tomando como referencia el amanecer y anochecer. Como mínimo dos periodos. Se pueden establecer varios niveles de iluminación, en los que se van activando lámparas progresivamente, en función del nivel de intensidad lumínica.

Se establece el periodo de activación de las luces y la suma de luz, para aquellos cultivos en los que se requiere un mínimo de cantidad de luz diaria.

Es importante llevar un seguimiento de las horas de funcionamiento, para controlar la vida útil de las lámparas, también de la energía consumida, para establecer estrategias de optimización de la energía empleada.

En el caso de iluminación LED, se puede controlar la intensidad en función de los requerimientos en cada momento y ajustar el espectro en función del cultivo y del estadio del mismo.

10. Invernaderos semi-cerrados

Este nuevo concepto de invernadero (Semi-Closed Greenhouses) se desarrolló con el fin de tener un mayor control sobre los parámetros ambientales en el interior del invernadero, al margen de las condiciones exteriores. El control de ventilación a través de las ventanas es reemplazado por un sistema que trata el aire en un corredor lateral, acondicionándolo, controlando la temperatura, humedad, CO_2 , del mismo, para introducirlo por tuberías de distribución de gran sección, perforadas, que discurren por debajo de las canales de cultivo. Las ventanas quedan reducidas a pequeñas ventanas de evacuación del aire excedente.

En la Figura 22 se puede apreciar la tubería de distribución del aire acondicionado, caliente o frío, con la humedad requerida y el CO_2 para enriquecer la atmosfera del invernadero.



Figura 22. Sistema "Semiclosed" con los tubos de distribución del aire acondicionado

Este sistema permite enfriar el aire, por cooling pad&fan. O también enfriar y calentar con bomba de calor y fan coil, tal y como se puede observar en la Figura 23, donde se ve el corredor lateral con los fan coil que acondicionan el aire y lo impulsan a través de la tubería de distribución.



Figura 23. Fan Coil del sistema Semiclosed, que alimentan los tubos de distribución anteriores

El CO₂ se inyecta en el pasillo, para que se incorpore al aire que será impulsado por la tubería.

Las ventanas de evacuación quedan reducidas a la mínima expresión, como se puede ver en la Figura 24.

Los sistemas más sofisticados disponen de bombas de calor que enfrían el agua y la almacenan en tanques de acumulación para emplearla cuando hace falta, también pueden calentarla y almacenarla en el tanque de acumulación de agua caliente.

En la Figura 25 se puede apreciar la banda lateral por la que se introduce el aire al corredor con los fan coil.



Figura 24. Ventanas de evacuación del sistema Semiclosed



Figura 25. Lateral para la aspiración de aire exterior, con malla anti insectos y panel húmedo para enfriar
La malla debe proteger contra la posible entrada de insectos, mosca blanca, trips, etc.

Una de las ventajas esenciales en este tipo de invernaderos está en las zonas cálidas, con producciones de verano, cuando hay que abrir las ventanas para ventilar y el aire exterior es cálido y seco, nos obliga a enfriar por cooling y no nos permite enriquecer el aire con CO₂, con lo que no podemos optimizar el crecimiento y la producción.

También, tiene un efecto muy positivo sobre el control del DPV y la transpiración de las plantas, optimizando las condiciones y mejorando el crecimiento, además de reducir el consumo de agua de riego.

También, se reduce significativamente, por efecto de la sobrepresión, la incidencia de plagas, siempre que la malla lateral aisle convenientemente.

Este tipo de invernadero tiene un coste significativamente más alto que el convencional, pero si está bien gestionado, se puede obtener un incremento de producción y calidad, que compense con creces el sobre coste, recuperando la inversión.

11. Sistemas de control y gestión del clima de invernaderos

El elemento esencial en un invernadero de alta tecnología es el sistema de control con todos sus componentes. En los años 80 funcionábamos con controladores analógicos, en los ajustábamos manualmente los parámetros, temperatura, humedad, etc. Actualmente, disponemos de sofisticados sistemas electrónicos, que nos permiten realizar operaciones de control muy complejas, en las que se coordina eficientemente el funcionamiento de todos los dispositivos que forman parte del invernadero y que hemos descrito en este documento.

Aunque hay diferencias entre los distintos sistemas, siempre hay una unidad central de control, el cerebro del sistema. En algunos casos es un controlador desarrollado y construido por el fabricante, pero en otros es un ordenador industrial en el que se instala el software de control y al que se conectan las tarjetas de expansión, para leer los distintos sensores y controlar los dispositivos, como motoredutores de ventanas, pantallas, etc.

En la Figura 26 podemos apreciar un cuadro de control de clima, con el controlador y las tarjetas de expansión, tarjetas de salidas para conectar a los relés que controlarían los motoredutores, válvulas de tres vías, bombas de recirculación, etc., en definitiva, todos los dispositivos que forman parte de la instalación.



Figura 26. Cuadro de control, con los elementos de control en la parte superior, conectados a los elementos que controlan el funcionamiento de los dispositivos

Por otra parte, tenemos las sondas y sensores que empleamos para medir todos los parámetros que son necesarios para controlar el clima de los invernaderos.

2. Tecnología de producción

En primer lugar, se requiere una central meteorológica, que mide la temperatura exterior, humedad, velocidad y dirección del viento, radiación solar, detección de lluvia y en ocasiones algún parámetro adicional (Figura 27).



Figura 27. Estación meteorológica

Es un elemento muy importante para la seguridad del invernadero y de su contenido. Mide la velocidad de viento que ordenara el cierre de las ventanas por vientos fuertes y también las cerrara cuando se produzca una lluvia. Tendremos el registro de la temperatura exterior, que sirve como influencia para regular el funcionamiento de la calefacción o las pantallas.

La sonda de Temperatura y humedad interior es otro de los elementos esenciales (Figura 28).



Figura 28. Sonda de temperatura y humedad electrónica, con ventilación forzada

Podemos encontrar básicamente 2 tipos, las que se basan en temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, tienen un coste inferior, pero tienen un mantenimiento. Las sondas electrónicas no tienen este mantenimiento, pero resultan algo más caras. En términos generales, deben

disponer de un diseño que permita el flujo de aire a través de los sensores, generalmente disponen de un ventilador interior para facilitar este flujo de aire.

Sonda de temperatura del agua de calefacción, fundamental para controlar la temperatura de la red.

Sonda de temperatura del sustrato, cuando tenemos calefacción de suelo o calefacción de sustrato.

Sonda de CO₂, que en ocasiones va integrada en la misma caja que la sonda de temperatura y humedad.

Sonda de radiación PAR, que suele instalarse en el interior, por encima del cultivo y por debajo de la pantalla, para medir la radiación PAR interceptada por el cultivo.

Sonda de temperatura de hoja por infrarrojos. Esencial para medir el nivel de estrés de las plantas.

Todos estos dispositivos registran los valores de los parámetros climáticos en el interior y en el exterior, para que podamos llevar a cabo el control climático en toda su extensión y de forma coordinada y eficiente.

Algunos de los sistemas de control climático disponibles, permiten conectar las expansiones a través de un cable Modbus, de forma que podemos establecer cuadros de control en cada invernadero a los que conectaremos los dispositivos y el cuadro de maniobra, con lo que ahorraremos una cantidad considerable de cableado (Figura 29).

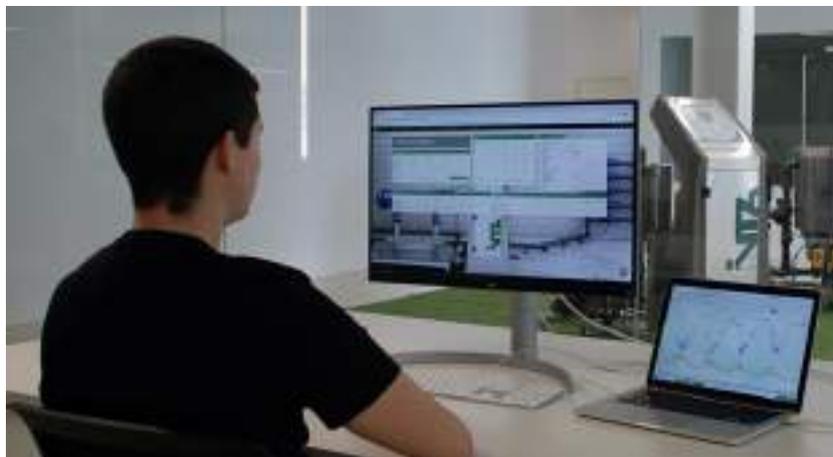


Figura 29. Sistema de gestión para control climático y fertirrigación. Gestión remota desde cualquier dispositivo conectado a Internet

Esta comunicación entre el cuadro central y los cuadros de control de los distintos invernaderos se podría hacer por fibra óptica, con lo que ganamos mucha seguridad, sobre todo frente a tormentas eléctricas, que pueden afectar a los dispositivos electrónicos a través de descargas y dejarlos inutilizados.

Dada la complejidad de estos sistemas, se requiere utilizar un ordenador con pantalla o pantallas para poder hacer el seguimiento y programar los valores, desde el mismo invernadero o por conexión remota y aquí tenemos varias posibilidades.

La aplicación puede instalarse en un servidor, ubicado en la oficina de los invernaderos y desde allí controlar. En este caso el control remoto se hace a través de una aplicación de escritorio remoto.

Pero también puede estar en un servidor de Internet externo y trabajar a través de una conexión. Lo que no es aconsejable para sistemas complejos en los que puede verse comprometido el funcionamiento por fallos en la comunicación.

Por último y como opción segura y actual, que permite un control local y una comunicación eficiente desde cualquier dispositivo sin tener que instalarlo, consiste en disponer de un servidor instalado localmente, en la finca, sobre el que podemos conectarnos a través de cualquier navegador de internet, sin necesidad de recurrir a escritorios remotos y que permite tener, control local y desde cualquier lugar.

Bibliografía

- Baeza, E., Montero, J. I., Pérez-Parra, J., Bailey, B. J., López, J. C., & Gázquez, J. C. (2014). Avances en el estudio de la ventilación natural. CAJAMAR. <https://publicacionescajamar.es/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/avances-en-el-estudio-de-la-ventilacion-natural>
- Baille A. (1996). Overview of greenhouse climate control in the Mediterranean regions. En : Choukr-Allah R. (ed.). Protected cultivation in the Mediterranean region. Paris: CIHEAM / IAV Hassan II, 1999. p. 59-76. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 31). Colloque sur les Cultures Protégées dans la Région Méditerranéenne, 1996/10/06-09, Agadir (Morocco). <http://om.ciheam.org/om/pdf/c31/CI020831.pdf>
- Burés, S., Urrestarazu Gavilán, M., & Kotiranta, S. (2018). Iluminación artificial en agricultura. Biblioteca Horticultura. Published. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/iluminacion_artificial_en_agricult
- Castilla Prados, N. (2007). Invernaderos de plástico. Ediciones Mundi-Prensa.
- Gázquez, J. C. (2016, junio). Medidas Físicas para el control de Bemisia Tabaci. CAJAMAR. <https://www.cajamar.es/storage/documents/3-juan-carlos-gazquez-cajamar-medidas-fisicas-1479726290-6a6dc.pdf>
- IFAPA (2014). Agronomic Evaluation of a diffusive mobile shade for greenhouse climate conditioning. L. Svensson project.
- Lorenzo, P. (2012). El cultivo en invernadero y su relación con el clima. CAJAMAR. <https://www.publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/publicaciones-periodicas/cuadernos-de-estudios-agroalimentarios-cea/3/3-536.pdf>
- Ministry of Agriculture, British Columbia. (2015). Understanding Humidity Control in Greenhouses. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/agriculture-and-seafood/animal-and-crops/crop-production/understanding_humidity_control.pdf

- Montero, J. I., Antón, A., & Muñoz, P. (2002). Refrigeración de invernaderos II. IRTA. https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/4569/refrigeracion_invernaderos_II.pdf?sequence=1
- Pérez Melian, N. (2020). II Curso de Especialista en Manejo de Cultivos Hortícolas en Invernadero con Tecnología. Apuntes para el alumno. Cátedra Agritech Murcia-UPCT
- Pérez Parra, J. J. (2017, 18 abril). Tecnología y manejo del cultivo de invernaderos: retos y factores de éxito [Presentación oral]. Principales retos de la horticultura española de invernadero, Madrid, España. https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/3-visiondelainvestigacionspanaijeronimoperez_tcm30-379494.pdf
- Prenger, J.J.; Ling, P.P. (2006). Greenhouse Condensation Control. Understanding and Using Vapor Pressure Deficit (VPD). Fact Sheet AEX-800, Ohio State University Extension <http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0804.html>
- Sánchez-Guerrero, M. C. (2010). Manejo del clima en el invernadero Mediterráneo. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
- Sapounas, A., Katsoulas, N., Slager, B., Bezemer, R., & Lelieveld, C. (2020). Design, Control, and Performance Aspects of Semi-Closed Greenhouses. *Agronomy*, 10(11), 1739. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111739>
- van Weel, P.; Geelen, P.; Voogt, J. (2018). Plant Empowerment The Basic Principles.
- van Rijswijk, C. (2018). World Vegetable Map 2018: More than Just a Local Affair. RaboResearch Food & Agribusiness, Rabobank. https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/world_vegetable_map_2018.html

Protección climática de cultivos



LEAVE THIS WORLD BETTER THAN YOU FOUND IT” es el lema impreso en el ADN de **NAANDANJAIN**, acuñado por **el fundador de Jain Irrigation Systems, Bhavarlal Jain**, y cuya fuerza representa nuestra filosofía de compromiso, cargada de respeto absoluto ante el entorno que nos rodea.

Así, alineados con este concepto, nuestro afán consiste en la búsqueda y desarrollo de soluciones que faciliten el quehacer diario de la agricultura, aportando herramientas que le añadan valor, a la vez que mejoren su entorno inmediato.

Las condiciones a las que el cambio climático, cada día más acentuado, expone a cultivos y producciones, obligan a la búsqueda y desarrollo de soluciones que permitan atenuar los efectos extremos de las estaciones, responsables en las mermas en cosechas.

Esta necesidad en la protección de los cultivos, no solamente se plantea en los más tradicionales de nuestro entorno; cada vez

más, se suman otros de alto valor, cuyos extremos climáticos de tolerancia pueden representar su punto crítico de subsistencia, en caso de no ser controlados.

Tanto en el caso de una posible congelación de los tejidos de la planta, como ante condiciones de un posible sobrecalentamiento de estos, el agua pulverizada juega un papel muy importante en la optimización de los procesos fisiológicos en los cultivos, encargándose de activar y equilibrar el balance energético, por medio de una correcta elección de lámina hídrica y de un emisor específico, adecuado a las circunstancias y características en cada situación.

Dependiendo de la época del año, sea una protección por baja temperatura, o por episodios de golpe de calor, elegir el emisor adecuado es un aspecto clave para tener en cuenta.

Los episodios de bajas temperaturas que se han producido en los últimos años confirman

como puntos clave en la protección mediante soluciones con agua pulverizada, la elección de un emisor adecuado, el tamaño de gota del mismo, y por tanto una distribución homogénea, que garantice un mismo grado de humectación en todas las partes vegetativas del cultivo y puntos de la parcela.

Dicha elección respecto del emisor y por tanto de la solución, coincide en gran parte de sus elementos, **conformando soluciones ambivalentes tanto en el caso de protección contra heladas, como en la protección frente a corrientes de aire cálido con baja humedad relativa**, ayudando a invertir estos valores de temperatura y humedad, y consiguiendo de esta forma sofocar el denominado “golpe de calor”.



En línea con ello, los avances tecnológicos, permiten el uso de elementos que reciban la información de sondas ubicadas en las zonas de aplicación, ayudando a determinar de una manera más precisa, la aplicación necesaria en cualquiera de los dos escenarios, calor, o frío. Luego, la decisión de operar puede ser de forma presencial o remota, y en este último caso manual por el operador, o totalmente automática.

La experiencia de [NAANDANJAIN](https://naandanjain.es/) en los mercados que gestiona, junto con su filosofía de compromiso plasmada en el lema de la compañía y la cercanía a las necesidades de la agricultura actual, le han permitido diseñar una amplia gama de productos y soluciones, altamente contrastados, con los

que cubrir un amplio abanico de necesidades.

Dejar el mundo mejor de lo que lo encontramos, puede llevarse a cabo, aportando soluciones que ayuden al agricultor. Nosotros, así lo hacemos.

NAANDANJAIN

A JAIN IRRIGATION COMPANY

NAANDANJAIN

P.I. La Redonda, calle XIV, 26

04710 SANTA MARÍA DEL ÁGUILA
(ALMERÍA)-ESPAÑA

Tel.: +34-950 582 121

marketing@naandanjain.es

<https://naandanjain.es/>



Simplicidad + precisión



SIMPLICIDAD EN EL CONTROL DEL RIEGO



- ▶ Programación fácil e intuitiva
- ▶ 50 programas de riego
- ▶ Limpieza de filtros y arranque de bombas
- ▶ Watering factor

PRECISIÓN EN LA DOSIFICACIÓN



- ▶ 48 programas de fertirriegaación
- ▶ Control combinado de proporcionalidad y EC
- ▶ Dosificación y control de 6 productos diferentes
- ▶ Regulación de pH



2.6. Riego

Aida Mérida García* y Juan Antonio Rodríguez Díaz

* g82megaa@uco.es

Departamento de Agronomía, Área Hidráulica y Riegos. Universidad de Córdoba

Índice

1. Introducción
2. Superficie de riego en España
3. Principales métodos de riego
 - 3.1. Riego por superficie o gravedad
 - 3.2. Riego por aspersión
 - 3.3. Riego localizado
 - 3.4. Riego en cultivos sin suelo
4. Programación del riego: sistema suelo-agua-planta
5. Presente y futuro de la agricultura de regadío
 - 5.1. La revolución de los sensores
 - 5.2. Energía verde para el regadío
 - 5.3. Economía circular y uso sostenible del agua de riego como distintivo de calidad
6. Conclusiones finales

Resumen

La agricultura de regadío es un sector estratégico y clave en la economía de España. Este sector representa una media del 70% de las extracciones totales de agua dulce del planeta, a lo que se une la demanda creciente de alimentos derivada del aumento continuado de la población mundial. Ante este escenario, en un contexto de cambio climático, el uso eficiente del agua y la energía en el regadío representa uno de los mayores focos de atención en el desarrollo del sector agrícola.

Este capítulo comienza con una breve introducción que resume la importancia del uso eficiente del agua y la energía en el sector del riego. Posteriormente se sintetizan los principales números que reflejan la actualidad del sector en España. A continuación, se detallan las características más destacadas de las técnicas de riego más extendidas, describiendo más adelante las bases genéricas para la programación de riegos para un cultivo. Finalmente, se presentan de forma simplificada las corrientes que protagonizan el presente y futuro del sector del regadío, destacando el desarrollo tecnológico liderado por la revolución de los sensores, la integración de las energías renovables y la economía circular. El objetivo de este capítulo es acercar la

realidad de la agricultura de regadío al lector, destacando la importancia de la apuesta por la I+D+i enfocada a una agricultura sostenible, rentable y de futuro, que garantice la producción de alimentos sin poner en riesgo la preservación del planeta.

1. Introducción

La agricultura es el sector productivo con mayor consumo de agua a escala global, representando alrededor del 70% de las extracciones totales de agua dulce del planeta (EEA, 2017). Este porcentaje varía entre países, siendo inferior en el norte de Europa, en comparación a los países del sur, donde la agricultura de regadío juega un importante papel en la economía. La demanda de alimentos mundial mantiene, al mismo tiempo, una tendencia creciente que, a su vez, intensifica la presión sobre los recursos hídricos. En este contexto cobra una especial importancia la productividad del agua de riego, así como el uso eficiente de la misma, ante una escasez ineludible de este recurso. La mejora en la eficiencia del agua en el regadío conseguida en los últimos años, tras la modernización del sector, ha sido el resultado de la presurización de gran parte de los canales abiertos de distribución de agua, unido al perfeccionamiento en las técnicas y gestión del riego. Sin embargo, esta mejora en la eficiencia del uso del agua ha dado lugar a un incremento significativo en la demanda energética del sector del regadío (Corominas, 2009; Rodríguez Díaz *et al.*, 2011), que, unido a la tendencia creciente en el precio de la energía, dispara los costes de producción para el agricultor, reduciendo por ello la rentabilidad de sus explotaciones. Esto ha dirigido los esfuerzos del sector hacia la búsqueda de nuevas alternativas, que, de manera conjunta, consigan un aprovechamiento óptimo de los recursos, así como el uso sostenible del agua y la energía en el riego.

2. Superficie de riego en España

La agricultura de regadío representa en torno al 20% de la superficie cultivada en el mundo, cuya distribución aproximada por continentes se muestra en la Figura 1, con Asia como el continente con mayor extensión, representando más de la mitad de la superficie equipada para riego, a nivel mundial, seguido de América y Europa.

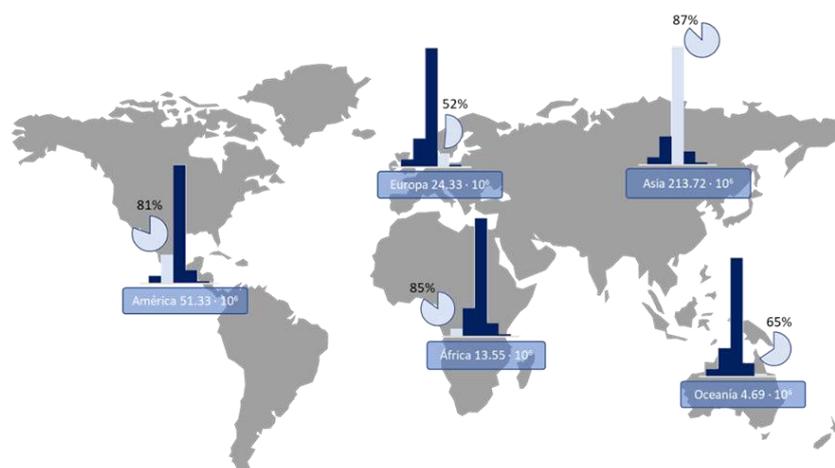


Figura 1. Superficie en hectáreas equipada para riego en cada uno de los continentes y porcentaje de ésta que es actualmente regada. *Datos recabados de (Siebert *et al.*, 2013)

En el caso de España, la superficie total regada alcanzó los 3.8 millones de hectáreas en 2019 (MAPA, 2019), con una clara predominancia del riego localizado, con un 53% del total, seguido del riego por gravedad, con un 24%, aspersión, con un 15% y finalmente, el riego automotriz, con un 8%. Las comunidades autónomas con mayor superficie regada son Murcia, Andalucía, Comunidad Valenciana, Navarra, la Rioja, Aragón y Cataluña, las cuales integran casi el 80% del total. Sin embargo, aquellas comunidades con mayor proporción de superficie regada respecto del total de superficie cultivada son Canarias, la Comunidad Valenciana y Murcia, con más del 40% cada una, seguidas de Cataluña, Andalucía y Navarra, con más del 30% de superficie cultivada regada cada una.

Esta superficie regada es destinada, en su mayor parte, al cultivo de cereales (25%), olivar (22%), viñedo (10%) y frutales (10% y 7% para frutales no cítricos y cítricos, respectivamente) (Figura 2).

La distribución del agua en el sector agrario según el tipo de cultivo muestra a los cultivos herbáceos como los mayores consumidores, con un 54.6% del total, seguidos de frutales (16.7%), patatas y hortalizas (11.1%), otros cultivos (9.9%) y olivar y viñedo (7.7%) (INE, 2018).

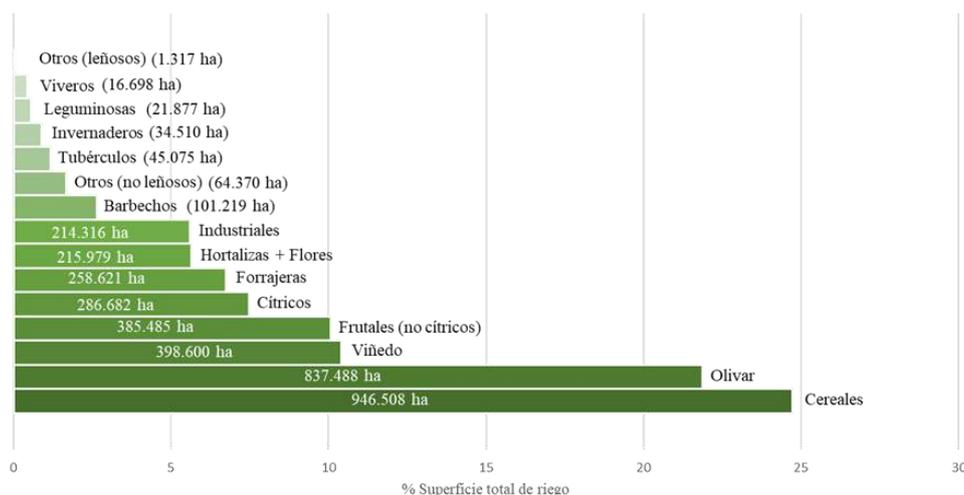


Figura 2. Reparto de la superficie de riego nacional por cultivos. Basado en (MAPA, 2019)

Atendiendo al tipo de cultivo y técnicas de riego empleadas en España, las cuales se detallan más adelante, el uso del riego por gravedad destaca en los grupos de cereales y forrajeras, el riego por aspersión en tubérculos, cereales, leguminosas y cultivos industriales, siendo en estos dos últimos destacado también el uso del riego automotriz. Finalmente, el riego localizado destaca en frutales, olivar, viñedo, y hortalizas (MAPA, 2019). Sin embargo, la técnica de riego más adecuada para cada caso no solo dependerá del tipo de cultivo y manejo, sino que también estará condicionada en gran medida por el tipo de suelo en el que se desarrolle la actividad agrícola, entre otros muchos factores.

3. Principales métodos de riego

Existen diversas técnicas de riego que, de forma genérica, pueden ser clasificadas en cuatro grandes grupos: riego por superficie o gravedad, riego por aspersión, riego localizado y riego en cultivos sin suelo. La elección de sistema de riego más adecuado (Figura 3) para cada caso

depende de numerosas variables, entre las que destacan el tipo de cultivo y manejo, la calidad del agua, disponibilidad y modo de suministro del agua, tipo de suelo (capacidad de infiltración y almacenamiento), topografía, coste de mano de obra y energía, entre otros.

Riego por superficie	Riego por aspersión	Riego localizado
Suelos con capacidad de infiltración baja a media	Suelos con capacidad de infiltración media a alta	Capacidad de infiltración del suelo no limitante
Suelos con alta capacidad de almacenamiento de agua	Suelos con capacidad de almacenamiento media a baja	Capacidad de almacenamiento del suelo no limitante
Topografía plana y uniforme	Relieve suave	El relieve no es limitante
Favorable cuando los costes de mano de obra son bajos	Favorable cuando los costes de mano de obra son medios	Favorable cuando los costes de mano de obra son altos
Favorable con costes de la energía altos	Favorable con costes de energía bajos	Favorable con costes de la energía bajos a moderados
Baja exigencia de tecnología	Mayor exigencia de tecnología	Mayor exigencia de tecnología

Figura 3. Principales factores que condicionan la elección del sistema de riego más adecuado

A continuación, de forma simplificada, se repasan las principales características que definen a cada una de las técnicas más destacadas.

3.1. Riego por superficie o gravedad

El riego por superficie o gravedad es una práctica de riego tradicional técnicamente adaptada a suelos pesados, en terrenos llanos, principalmente. Esta técnica de riego se caracteriza por tener una alta demanda de mano de obra, mientras que presenta la ventaja de su bajo coste en términos de energía.

El riego por gravedad a su vez presenta distintas variantes, de las que a continuación, se resumen las características más destacadas de algunas de ellas:

Riego por surcos

En el riego por surcos el agua, colocada en cabecera, avanza por gravedad a lo largo de los surcos hasta alcanzar el extremo opuesto (punto más bajo), permitiendo en su trayecto la infiltración de una lámina de agua, que alcanza su mayor valor generalmente en cabecera. Estos surcos son equidistantes, con pendiente suave, o incluso nula, en los llamados surcos a nivel. Se trata por ello de un riego de duración larga, basado en la infiltración durante el avance del agua por el surco. Los surcos suelen estar abiertos en su extremo final, permitiendo el drenaje del exceso de agua. En este método de riego es fundamental la nivelación de mantenimiento de los surcos, el aporque de las plantas, medición del avance del agua y control de las aplicaciones, estrechamente ligadas a las características del terreno. El riego por surcos puede llevarse a cabo de manera continua (aplicación de agua en todos los surcos), alterna (se alternan surcos con y sin agua, adecuado únicamente en suelos con buena conductividad lateral), y por pulsos (aplicación intermitente de agua en los surcos). Este método de riego se aplica generalmente en cultivos sembrados o plantados en líneas, sobre caballones. Esto evita generar una zona húmeda en el cuello de la planta, evitando así mismo la aparición de algunas enfermedades. Del mismo

modo, la disposición de las plantas sobre los caballones evita la compactación en exceso, lo que beneficia el desarrollo de la parte aprovechable en cultivos como la patata, ajo o zanahoria.

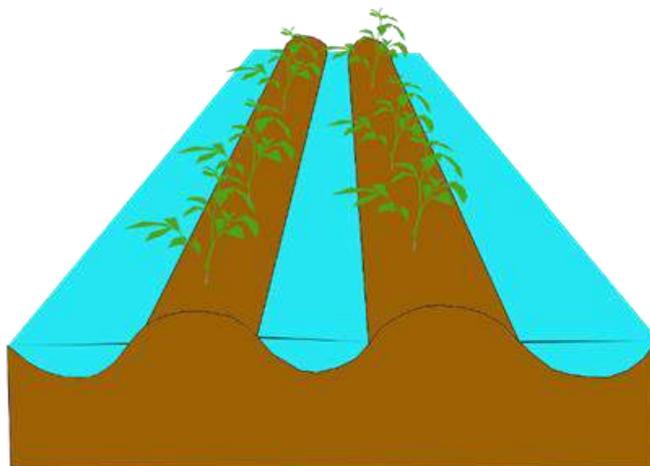


Figura 4. Representación esquemática del riego por surcos

Riego por canteros

El riego por canteros es un método de inundación rápida, en el que el agua se aplica por superficie a parcelas generalmente rectangulares, con muy poca pendiente o nula, cerradas perimetralmente por caballones o lomos. Este método es empleado por ejemplo en el cultivo del arroz.

En el caso de su uso en hortícolas, se emplean surcos cortos dentro del propio cantero, mientras que, en frutales, generalmente, los canteros son individuales para cada árbol, denominándose alcorques o pozas. Tradicionalmente los canteros son alimentados por acequias trazadas en el terreno, abriéndose el riego a cada cantero de forma manual con ayuda de una azada. En canteros modernos, el terreno es nivelado con precisión siendo alimentado por medio de canales con compuertas, o tubos de baja presión, lo que permite un mayor control del volumen aplicado, así como de su distribución.

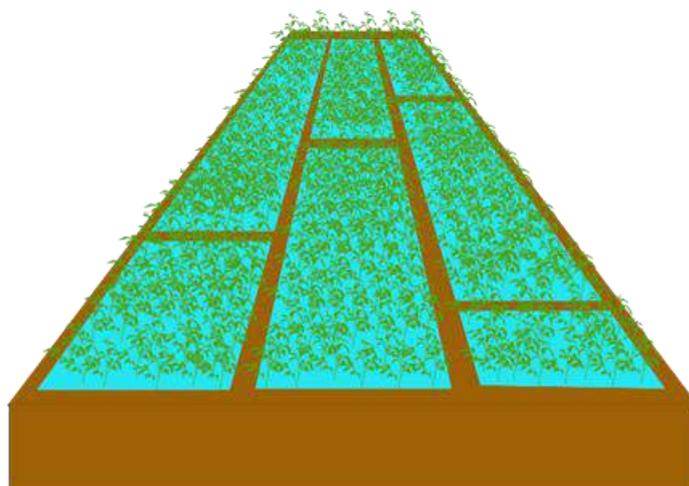


Figura 5. Representación esquemática del riego por canteros

Riego por fajas

El riego por fajas es un método de infiltración semejante al riego por surcos, en el que el terreno es dividido en fajas o parcelas rectangulares estrechas y largas, cerradas perimetralmente por caballones. Este método se adapta a suelos con infiltración media a baja, y es empleado en cultivos densos como cereales, o frutales y viña, estando en este caso el cultivo dispuesto sobre los caballones. La anchura de las fajas depende del cultivo y caudales disponibles, siendo este último clave también para definir, junto a la capacidad de infiltración y pendiente, la longitud de las fajas.

Riego de esparcimiento o por boqueras

El riego de esparcimiento se lleva a cabo en zonas áridas, aprovechando el agua procedente de crecidas, que es derivada por canales y regueras hasta la zona de riego. Esta práctica también se lleva a cabo en canteros en los que los caudales son insuficientes o el terreno es irregular. En este caso, el regante dirige el camino del agua haciendo uso de una azada, con el fin de mejorar la uniformidad en la distribución del agua en el terreno.

Riego por alcorque

El riego por alcorques consiste en la distribución del agua por una serie de acequias que a su vez conectan entre sí a un conjunto de pozas (alcorques) ejecutados en torno a la planta o árbol al que riegan. Este sistema es utilizado con frecuencia en cultivos leñosos.

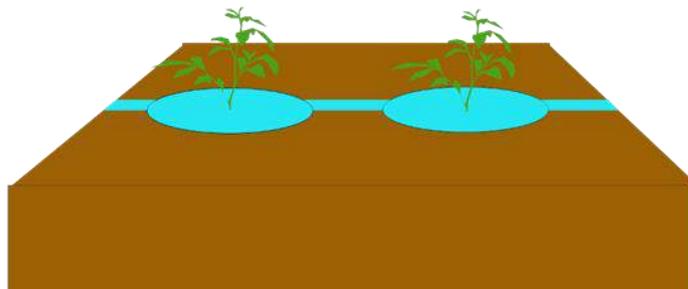


Figura 6. Representación esquemática del riego por alcorque

Riego “de careo” de zonas de montaña

El riego de careo es una técnica poco eficiente y uniforme, pero con bajos requerimientos de sistematización e inversión. En este caso el agua se distribuye por acequias prácticamente a nivel sobre la ladera, con pequeñas salidas que dirigen el agua ladera abajo. En estos casos los caudales han de ser controlados cuidadosamente para evitar problemas de erosión.

Riego por pozas

El riego por pozas es un sistema adaptado a zonas con pendientes pronunciadas, para cultivos leñosos como el olivar. El agua de lluvia queda almacenada en las pozas durante un tiempo, en función del tipo de suelo y climatología. En años con escasez de agua, éstas pueden ser llenadas mediante mangueras.

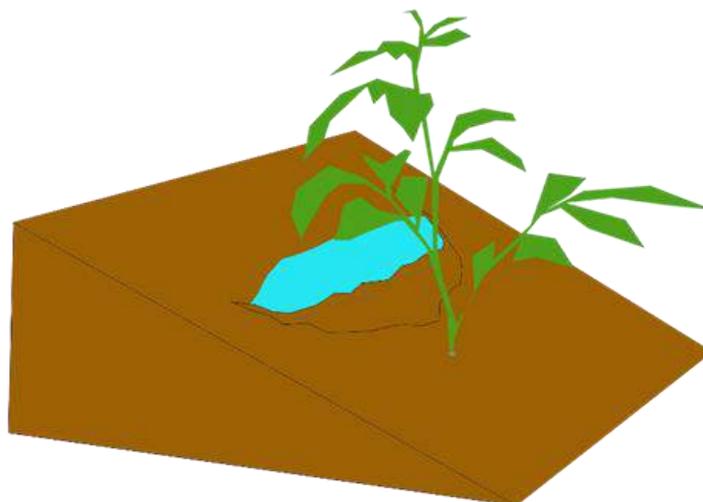


Figura 7. Representación esquemática del riego por pozas

3.2. Riego por aspersión

Este tipo de riego, el cual aplica el agua mediante la generación de una lluvia uniforme, facilita la aplicación de distintas dosis de riego, no requiere la previa nivelación del terreno y permite la automatización. Sin embargo, es importante llevar a cabo una buena programación de manera conjunta con las aplicaciones de tratamientos al cultivo, ya que el riego podría lavarlos. En este sistema de riego la inversión inicial es alta, comparada con otras técnicas, así como el coste de funcionamiento, debido a su alta demanda de energía.

Los sistemas de riego por aspersión comenzaron en céspedes, extendiéndose posteriormente su uso a la agricultura para el riego de frutales, hortícolas y en viveros. De forma genérica, el riego por aspersión puede ser clasificado como estacionario (semifijo con tubería móvil manual o automatizada, semifijo con tubería fija, y fijo permanente enterrado o aéreo), permaneciendo los aspersores en una posición fija durante la aplicación del agua, o móviles o automotrices. En este último caso, el riego se produce mientras el aspersor se desplaza siguiendo una trayectoria circular o lineal.

Los emisores, en este caso llamados aspersores, pueden ser de distinto tipo, según su mecanismo de funcionamiento, pudiendo además trabajar con baja, media o alta presión. En el caso de los aspersores rotativos de impacto, el chorro de agua impacta sobre una pala oscilante unida a un resorte. En los aspersores de turbina, es una pequeña turbina instalada en el propio aspersor la encargada de provocar la rotación de la boquilla. En los aspersores de plato rotativo, el chorro de agua impacta en un plato que rueda por acción del agua, consiguiendo una distribución elíptica. En el caso de los difusores o aspersores estáticos, el agua se dispersa en forma circular tras el choque del chorro contra una placa opuesta al orificio de salida del agua, que puede ser plana o estriada.

En todos los casos, la distribución del agua en el riego por aspersión se basa en forzar el paso del agua a través de un orificio, produciéndose una distribución en forma de gotas que simulan la lluvia. Estas gotas pueden tener un amplio rango de tamaños, que suelen estar entre 0.5 y 4 mm de diámetro, dependiendo de la relación entre el diámetro de la boquilla y la presión de funcionamiento. Habitualmente la distribución del agua por medio del aspersor es circular,

aunque esta puede convertirse en un sector circular por medio de dispositivos que delimitan una fracción menor. El radio del círculo mojado sobre el suelo conseguido con cada aspersor constituye el alcance del mismo (Figura 8). De forma genérica, la lámina de agua aplicada en las proximidades del aspersor o difusor es superior, y disminuye conforme nos alejamos de éste. Por ello, el diseño de un sistema de riego por aspersión debe ser calculado teniendo en cuenta un cierto solape, que dependerá de cada caso, para conseguir una uniformidad en la distribución adecuada.

Dentro de la modalidad de los sistemas estacionarios, hablamos de cobertura total cuando toda la superficie a regar queda cubierta por los aspersores o tuberías en uso. Sin embargo, estos pueden permanecer en el terreno o ser únicamente extendidos de forma temporal, como ocurre en el caso de cultivos anuales.

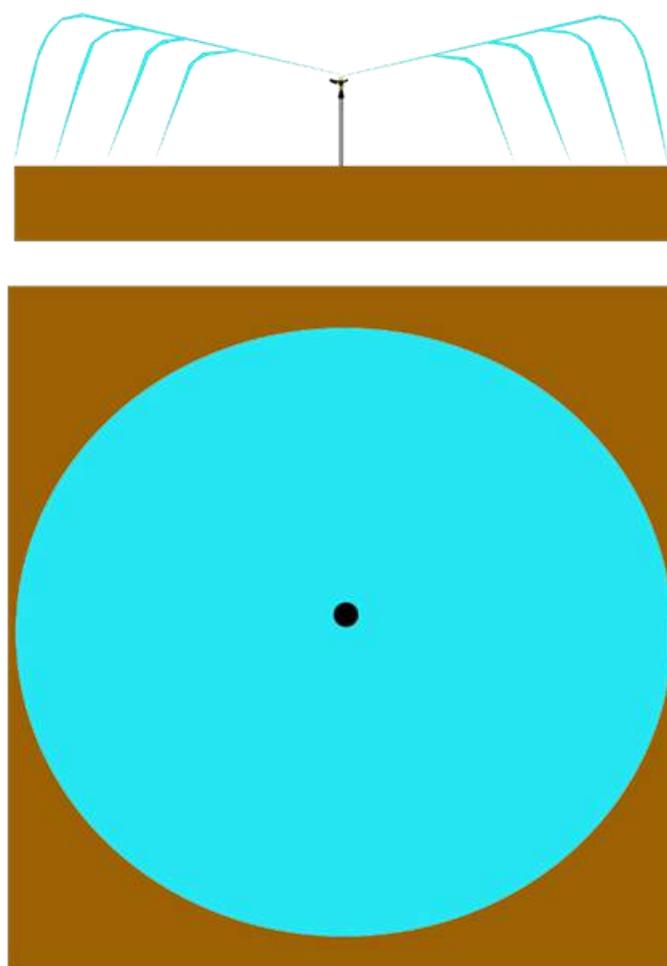


Figura 8. Representación esquemática del alcance y superficie mojada por un aspersor.

3.3. Riego localizado

El riego localizado es aquel en el que el agua se aplica en el volumen de suelo en el que se desarrollan las raíces del cultivo. Los elementos que aplican el agua o emisores, se disponen equidistantes en las tuberías porta-emisores, que pueden estar sobre la superficie del suelo o enterradas en éste. Este sistema de riego destaca por su eficiencia en la aplicación del agua, así como por los bajos requerimientos de mano de obra. La aplicación del agua únicamente en las líneas de emisores ayuda además al control de las malas hierbas entre líneas de cultivo. Por este

mismo motivo, en el riego localizado es una práctica común la aplicación del fertilizante con el agua de riego, conocida como fertirriego. Entre los principales inconvenientes del riego localizado destaca la posibilidad de obstrucción de los emisores, debido a la materia orgánica y minerales contenidos en el agua, o la precipitación de sales en el interior de las tuberías. Esto puede reducir la calidad del riego, al disminuir la uniformidad en la distribución y aplicación del mismo. El riego localizado incluye el riego por goteo, microaspersión y riego a chorros, siendo los dos primeros los más extendidos.

En el riego por goteo los emisores son goteros, encargados de dosificar la salida del agua a través de un orificio, tras su paso a través de un laberinto o camino sinuoso que disminuye la energía del agua, haciendo que esta salga finalmente gota a gota. El diseño de los emisores dará lugar a un caudal determinado, que normalmente varía entre 1.2 y 8 l/h. El caudal de gotero y número de goteros por superficie o planta ha de adecuarse al tipo de suelo y cultivo, lo cual unido al tiempo de riego, definirá el bulbo húmedo (Figura 9). Además, estos goteros pueden ser fabricados para trabajar bajo distintas presiones, y en el caso de los goteros autocompensantes, son capaces de mantener un caudal de salida de agua constante siempre y cuando la presión de trabajo se mantenga dentro del rango de presiones de compensación indicadas por el fabricante.

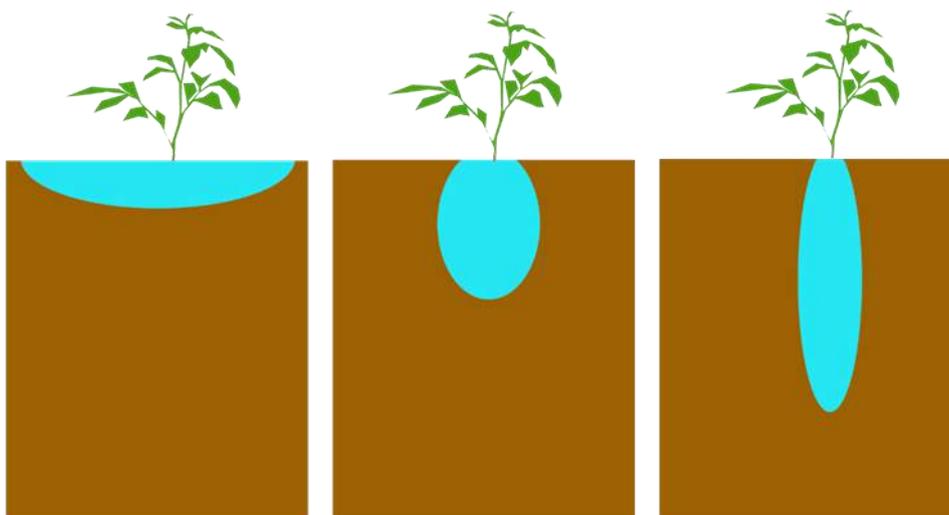


Figura 9. Representación esquemática del bulbo húmedo generado, de izquierda a derecha: en un suelo con alto contenido en arcilla, un suelo franco y un suelo arenoso

En el riego por microaspersión el agua es pulverizada sobre la superficie del suelo, produciendo pequeñas áreas regadas localizadas, de 1 a 5 m de diámetro, generalmente. Los microaspersores son empleados en cultivos hortícolas, flores, invernaderos, viveros y para la protección contra heladas en cultivos y jardines.

3.4. Riego en cultivos sin suelo

El cultivo hidropónico o sin suelo es una técnica empleada en invernaderos en la que se prescinde del suelo para el desarrollo del cultivo. Si bien la hidroponía no es una técnica de riego como tal, y puede ser clasificada como una técnica de cultivo, el agua de riego juega un papel crucial. En este caso, el agua se convierte en el medio clave para hacer llegar la solución nutritiva a las raíces de la planta. Se trata así de un sistema de alta tecnificación y con mayor coste de

inversión, con la que se consiguen altos rendimientos en muchos cultivos hortícolas. El cultivo hidropónico requiere de un control detallado de la calidad del agua, que además debe tener un bajo contenido inicial en sales, lo que con un buen manejo permite incorporar soluciones nutritivas, manteniendo una adecuada conductividad del medio. En este caso se emplean sustratos inertes, desde el punto de vista nutricional, como la lana de roca, perlita o fibra de coco. Un porcentaje de la solución nutritiva en medio acuoso es drenado, tras su paso por el sistema radicular del cultivo. Los lixiviados son almacenados, siendo posteriormente reacondicionados para su recirculación.

4. Programación del riego: sistema suelo-agua-planta

El agua constituye el principal input para el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo. En cultivos al aire libre, parte de las necesidades de agua del cultivo son cubiertas de forma directa por la precipitación, mientras que, en cultivos en invernadero, ésta ha de ser aportada en su totalidad de manera artificial, mediante riego. El cálculo del volumen o tiempo de riego óptimo para un cultivo ha de considerar de manera conjunta las variables suelo (cuando exista), agua y planta. Así una programación de riegos óptima ha de responder a cuánta agua aplicar, pero también a cuándo y cómo aplicarla, basándose por ello no solo en la determinación del volumen óptimo de agua, sino también, en qué momento debe ser puesta a disposición del cultivo.

Comenzando por el cultivo, el cálculo de las necesidades de riego del mismo vendrá definido por el tipo de cultivo, así como las variables climáticas. De forma genérica, la evapotranspiración del cultivo (ET_c) se obtiene a partir de la multiplicación de la evapotranspiración de referencia (ET_0), por una serie de coeficientes que definen las características relacionadas con el tipo de cultivo y su estado de desarrollo (k_c), y con la superficie cubierta/desnuda de suelo (k_r) (Allen G. *et al.*, 2006). La evapotranspiración de referencia a su vez responde a la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia (un pasto de características predefinidas) sin restricciones de agua y puede obtenerse directamente de las redes públicas de estaciones agrometeorológicas. Por ello, la evapotranspiración de referencia define el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y día del año específicos. Una vez determinada la evapotranspiración del cultivo, la diferencia entre ésta y la precipitación define las necesidades de riego teóricas del cultivo. Éstas sin embargo no tienen por qué coincidir exactamente con el volumen o dosis de riego a aplicar, puesto que, en numerosas ocasiones, la gestión del riego implica otros muchos factores. Entre ellos, la integración de prácticas o técnicas de riego deficitario, basadas en una reducción controlada del riego, homogénea durante toda la campaña (riego deficitario sostenido), o adaptada a las distintas fases del cultivo (riego deficitario controlado), con las que se busca reducir el volumen total de agua aplicado al cultivo, de un modo que no comprometa el rendimiento final del mismo. Para llevar a cabo esta técnica, es por ello imprescindible conocer al detalle los periodos en los que el cultivo es menos sensible al estrés hídrico.

Una vez definido el volumen de agua a aplicar, la programación del riego debe considerar tanto la profundidad radicular del cultivo, como el tipo de suelo y su comportamiento frente al almacenamiento de agua en el mismo. La profundidad radicular delimitará el volumen de suelo explorado por las raíces del cultivo, y por ello, el agua que drene hacia horizontes más profundos no será aprovechada por el mismo. La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, por

su parte, dependerá de su naturaleza, siendo mayor en suelos con gran porcentaje de arcilla, y menor en aquellos en los que la arena es protagonista. En relación al tipo de suelo, es importante definir los conceptos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente. El primero de ellos define el volumen máximo de agua que es capaz de retener un suelo tras drenar el exceso que definía la saturación del mismo; mientras que el punto de marchitez permanente define el contenido de humedad mínimo permisible en un suelo, por debajo del cual el cultivo no es capaz de extraer más agua (Figura 10). El rango de humedad comprendido entre estos dos valores se corresponde con el máximo volumen de agua disponible en un suelo para el cultivo.

Finalmente, conocido el volumen de agua de riego a aplicar, así como el tipo de suelo y profundidad de las raíces del cultivo, y dependiendo del sistema de riego empleado, se establecen los intervalos y tiempo diario total de riego para los distintos días de la campaña de riego.

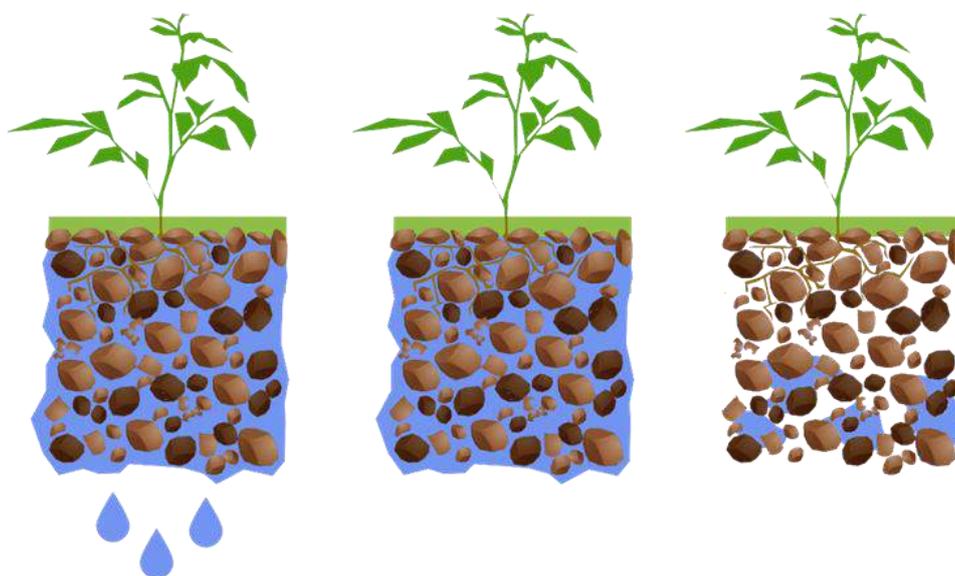


Figura 10. Esquema representativo de los estados de (izquierda a derecha): saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanente en un suelo

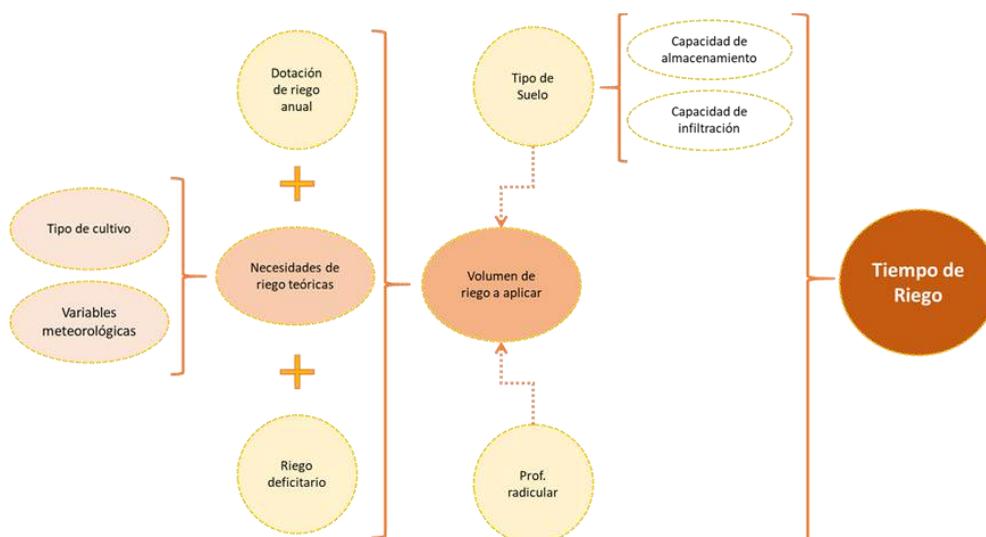


Figura 11. Esquema simplificado para la programación del volumen y tiempo de riego a aplicar en un cultivo

5. Presente y futuro de la agricultura de regadío

Si bien es cierto que la agricultura de regadío es un sector productivo clave en la economía de España, su intensificación, con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de alimentos, ha de ir acompañada de un uso sostenible de los recursos, sin comprometer la rentabilidad de las explotaciones. Por ello, hoy en día, la agricultura continúa en un proceso de tecnificación incesante, acompañado de una intensa transformación digital, donde la tecnología llega para quedarse, brindando numerosas herramientas y soluciones alternativas para facilitar y optimizar las labores en los distintos procesos productivos.

5.1. La revolución de los sensores

El desarrollo tecnológico experimentado en las últimas décadas ha dado lugar a una implantación masiva de multitud de sensores en el sector de la agricultura. En concreto, en el ámbito del riego, la integración de sensores permite acceder a información de alto interés para la toma de decisiones.

Las estaciones meteorológicas permiten tener un conocimiento detallado de las variables climáticas en las distintas localizaciones. A nivel nacional, España cuenta con una red de estaciones agrometeorológicas, accesibles a través de la plataforma SiAR (Sistema de información Agroclimática para el Regadío). Sin embargo, son muchas las explotaciones que ya cuentan con su propia estación agrometeorológica, accediendo así a información detallada en relación a la pluviometría, temperatura, velocidad del viento, o radiación, entre otras. Esta información meteorológica, junto a las características propias del cultivo, permite hacer una estimación detallada de los requerimientos de riego en cada localización concreta. Pero más allá de las variables climáticas, hoy en día podemos encontrar en el mercado numerosos sensores complementarios, que pueden facilitarnos información de muy alto interés para la ayuda a la toma de decisiones en campo.

Éste es el caso de los tensiómetros y sensores de humedad de suelo. Mientras que los tensiómetros nos informan del esfuerzo que ha de realizar el cultivo para extraer el agua de un suelo, los sensores de humedad se instalan a distintas profundidades en el suelo en el que se desarrolla el cultivo, permitiéndonos conocer en tiempo real el contenido de agua en los distintos horizontes (Figura 12), así como su evolución en el tiempo. Esta información es esencial para gestionar un riego de precisión, pudiendo así definir con mayor exactitud los tiempos de riego más adecuados y permitiendo hacer un uso más eficiente y sostenible de los recursos hídricos.

Junto a los sensores de humedad, encontramos otros sensores de suelo como los de temperatura o sensores de conductividad eléctrica, siendo estos últimos de gran interés para aquellos cultivos en los que el fertilizante se aplica de manera conjunta al riego, conocido como fertirriego.

Los sensores de turgencia en hoja (Figura 13) y dendrómetros, son otros de los más conocidos por sus aplicaciones para la gestión y manejo del riego. En el caso de los sensores de turgencia en hoja, éstos evalúan el estrés hídrico de la planta en función de la disminución de la presión de turgencia en hoja, con la transpiración de la planta. Estos sensores requieren una adecuada

instalación y calibración en campo y en el caso de cultivos de hoja caduca, han de ser retirados y vueltos a instalar cada año.

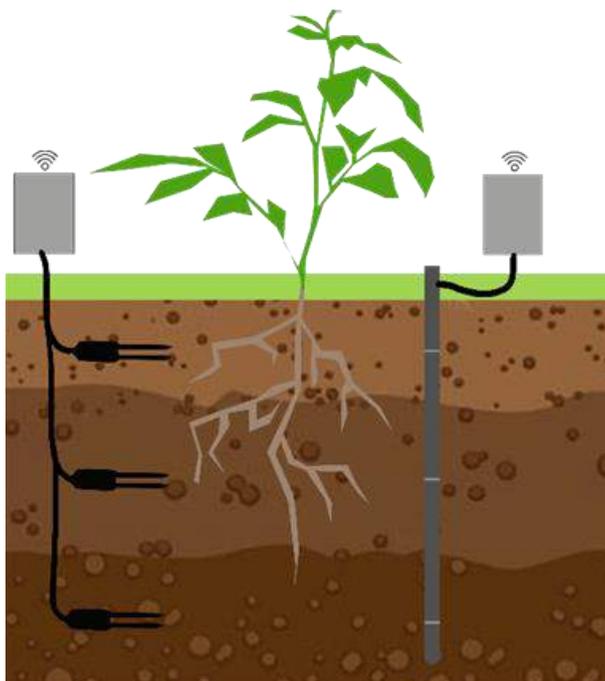


Figura 12. Esquema representativo de la instalación a distintas profundidades de sensores de humedad individuales (izquierda) o encapsulados (derecha)



Figura 13. Sensor de turgencia en hoja en cultivo de almendra

El dendrómetro por su parte mide las variaciones en el diámetro del tallo o tronco de la planta, lo que se relaciona con el estado hídrico de la misma. Toda la información recogida en campo puede ser almacenada en un datalogger (Figura 14), procediendo posteriormente a la descarga periódica de los datos en campo, o ser directamente enviada en tiempo real a la nube.



Figura 14. Datalogger alimentada por una pequeña placa solar para sonda de humedad instalada en cultivo de olivar intensivo

Además de estos sensores, otros relacionados con el funcionamiento de las infraestructuras hidráulicas, pueden aportar información de gran interés para una óptima gestión integral de las explotaciones. Éste es el caso de los sensores de presión, que, instalados estratégicamente en puntos concretos de redes extensas de distribución de agua a presión, como las que encontramos en muchas comunidades de regantes, pueden facilitar información en tiempo real para el control y gestión de incidencias, como averías (Pérez-Padillo *et al.*, 2020), lo que supone reducir las pérdidas de agua y asegurar que los sistemas de riego funcionen a las presiones adecuadas.

La evolución en las técnicas de riego, incorporación de tecnología y sensores, da lugar a grandes volúmenes de información que, más allá de la gestión diaria de las explotaciones, permiten además generar modelos de predicción a mayor escala, mediante su tratamiento basado en técnicas de Big Data e Inteligencia Artificial. De esta forma es posible, por ejemplo, anticipar la demanda de riego, a escala de parcela (González Perea *et al.*, 2018) y de comunidad de regantes (González Perea *et al.*, 2015), y con ello facilitar la gestión de las infraestructuras y la contratación de las tarifas eléctricas, para optimizar los costes en grandes agrupaciones de agricultores.

5.2. Energía verde para el regadío

El aumento exponencial en la demanda energética experimentada tras la modernización del regadío, debido en su mayor parte a la presurización de las redes de distribución de agua, se tradujo en un aumento significativo de los costes de explotación para muchos agricultores. Numerosos estudios centraron sus objetivos en la eficiencia energética del regadío, demostrando cómo la detección de puntos críticos y la sectorización podían mejorar sustancialmente la optimización energética del sistema de riego (Fernández García *et al.*, 2013; González Perea *et al.*, 2014). Esto se vio aún más agravado con la subida generalizada de los precios de la energía, lo que despertó un gran interés en la búsqueda de sistemas alternativos de abastecimiento.

En un contexto de calentamiento global y cambio climático, esta búsqueda también ha implicado la apuesta por fuentes de energía renovables. La principal de ellas ha sido la energía solar fotovoltaica, la cual se presenta, a simple vista, como una opción con un gran potencial para el sector de la agricultura, ofreciendo energía libre de emisiones de gases efecto invernadero, útil para zonas con y sin acceso a la red eléctrica. Sin embargo, la energía solar es una tecnología directamente dependiente de las variables meteorológicas. En concreto, la producción fotovoltaica depende, principalmente, de la irradiancia, viéndose influenciada también por la temperatura (López-Luque *et al.*, 2015). Esto se traduce en una cierta inestabilidad en la producción de energía, reflejada en altibajos en la producción durante el día, con la aparición de nubes, o la nula producción de energía durante las noches, lo que reduce la libertad del regante. Aun así, la energía fotovoltaica es una de las alternativas a la energía eléctrica y los generadores diésel cada vez más común en la agricultura de regadío, permitiendo abastecer parcial o totalmente la demanda de energía de la explotación.

Las soluciones más extendidas en el sector del regadío, para la integración de la energía fotovoltaica como fuente de suministro energético, se basan, principalmente en: (i) la hibridación del sistema con otras fuentes de energía renovable, como la energía eólica; (ii) el abastecimiento fotovoltaico combinado con fuentes de energía tradicionales, que actúan como sistema de apoyo (generador diésel o la red eléctrica); (iii) el bombeo con energía fotovoltaica a un punto elevado durante las horas de sol y posterior riego por gravedad; y (iv) el uso de baterías. La solución óptima dependerá de las características de cada explotación, siendo crucial el tipo de cultivo y su tolerancia al estrés hídrico. De este modo, para cultivos leñosos como olivar y almendro, en los que la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo puede amortiguar los déficits puntuales de riego, se ha demostrado que la demanda energética del sistema de riego puede ser completamente satisfecha mediante el único aporte de la energía solar fotovoltaica (Mérida García *et al.*, 2018).

En este sentido, se han desarrollado complejas técnicas para la gestión inteligente del riego fotovoltaico, basadas en la sincronización en tiempo real de la demanda de energía por parte de la red de riego, y la energía fotovoltaica disponible en cada momento (Mérida García *et al.*, 2018). Estos modelos de gestión evalúan diariamente los requerimientos de riego del cultivo y, en función de la demanda de energía de los distintos sectores de riego en los que se divide la parcela, organizan automáticamente y de forma óptima la secuencia de activación de los mismos, adecuándolos a la energía disponible.

La energía fotovoltaica implica la dedicación de una superficie a la instalación de los módulos solares. En campo, los módulos fotovoltaicos son habitualmente instalados en las cubiertas de naves agrícolas, de modo que no se sacrifique terreno cultivable para su instalación. Otra opción es su instalación sobre plataformas flotantes, en las balsas de riego. Esta última propuesta permite al mismo tiempo disminuir la evaporación del agua de la balsa. En este sentido, hay explotaciones que ya combinan la producción agrícola con la energética, en un modelo de producción conocido como agrivoltaico (Agrivoltaic Production) (Reca-Cardena and López-Luque, 2018). En este caso, los beneficios al agricultor provienen no solo del rendimiento del cultivo, sino también de la venta de la energía fotovoltaica producida en la misma superficie agrícola.



Figura 15. Planta Piloto de Riego Fotovoltaico Inteligente en la Finca Experimental de Olivar Intensivo de la Universidad de Córdoba

Otra alternativa que se abre paso en la agricultura de regadío, de gran interés para las redes de distribución de agua a presión, es la recuperación de energía mediante el uso de microturbinas, o bombas trabajando como turbinas (García Morillo *et al.*, 2018). Éstas permiten aprovechar los excesos de presión generados en ciertos puntos de la red, normalmente aliviados mediante la instalación de válvulas reductoras de presión (VRP). La sustitución de estas VRP por microturbinas o bombas trabajando como turbinas permite transformar el exceso de presión en energía eléctrica. Esta energía puede ser aprovechada en la propia explotación, reduciendo o reemplazando por completo el consumo de energía eléctrica o el uso de combustibles, en el caso de explotaciones aisladas de la red, dependientes de un generador diésel (Crespo Chacón *et al.*, 2021). Además, el uso de bombas que funcionan en modo reverso, generalmente conocidas como PATs, de las siglas en inglés para Pumps As Turbines (bombas como turbinas), permite abaratar significativamente los costes de inversión (Fernández García *et al.*, 2019) con respecto a las turbinas convencionales. Habitualmente, la microturbina o PAT es instalada en un by-pass, lo que permite aislarla de la red ante posibles mantenimientos o reparaciones y facilita que trabaje en su punto de funcionamiento óptimo. Su instalación en la propia red de riego hace que la producción de energía por parte de la turbina o PAT coincida con las horas de funcionamiento del sistema de riego.

Esta tecnología ha sido puesta en práctica en redes de distribución de agua potable, plantas de aguas residuales, industria y riego. En el caso del sector del riego, el proyecto REDAWN (www.redawn.eu) ha puesto en marcha en España una planta piloto basada en una PAT, que aprovecha el exceso de presión en la tubería que alimenta el hidrante que abastece de riego a una explotación de nogales. La planta piloto satisface la demanda de energía del sistema de fertirriego y electroválvulas de la red de riego, anteriormente dependientes de un generador diésel. Esta planta piloto ha conseguido reducir notablemente el coste de operación y el impacto ambiental de la finca agrícola en la que se encuentra, al sustituir por completo al generador diésel y correspondiente consumo de combustible, durante toda la campaña de riego (Chacón *et al.*, 2021; Mérida García *et al.*, 2021).

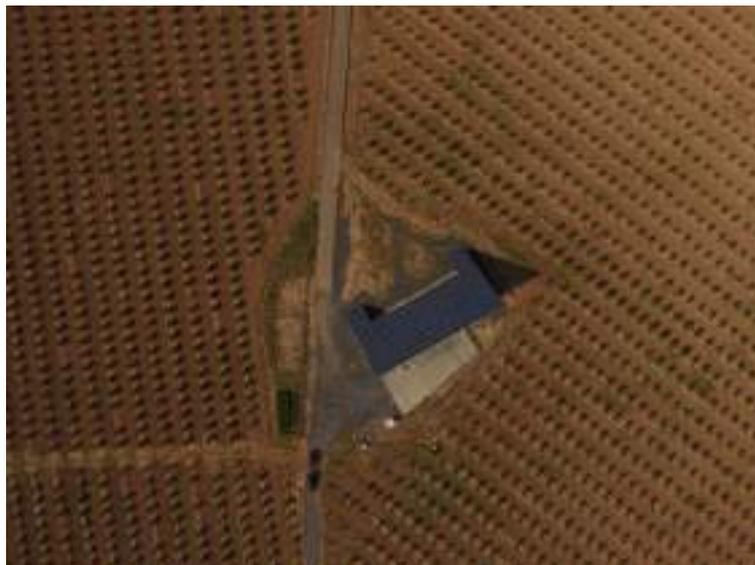


Figura 16. Finca de almendros con sistema de riego por goteo abastecido por energía solar fotovoltaica en la provincia de Córdoba



Figura 17. Fotografía y render de la Planta Piloto de recuperación de energía hidráulica mediante PAT en una instalación de riego en la provincia de Córdoba

5.3. Economía circular y uso sostenible del agua de riego como distintivo de calidad

La eficiencia en el uso del agua en la agricultura es uno de los objetivos en los que se ha trabajado con mayor esfuerzo durante mucho tiempo, consiguiendo importantes mejoras con la

2. Tecnología de producción

presurización de las redes de riego, tras la modernización del sector, y la potenciación del uso de técnicas de riego localizado, entre otras. En esta misma línea, el riego de precisión permite determinar las dosis óptimas de riego, así como el momento más adecuado para su aplicación. Todas estas mejoras y prácticas enfocadas a la reducción y optimización del uso del agua repercuten directamente en la economía del agricultor, pero al mismo tiempo, también conllevan unos beneficios ambientales. Estos beneficios se derivan de la reducción en el volumen de agua consumido, y la reducción con ello de la contaminación de las aguas subterráneas, generada por el arrastre de fitosanitarios y fertilizantes con la percolación profunda del exceso de agua aplicado. En esta línea, la evaluación de la huella de agua (norma ISO 14046) y las metodologías desarrolladas a partir de la misma (Flores Cayuela *et al.*, 2021), permiten determinar con precisión el volumen de agua que es necesario para producir un bien o servicio, a lo largo de toda la cadena de producción del mismo. La certificación de huella de agua puede acercar así al consumidor más concienciado con el medio ambiente información de gran interés a la hora de elegir los productos de su cesta, convirtiendo a este indicador en un distintivo de calidad de los productos hortofrutícolas.



Figura 18. Balsa y estación de filtrado mediante anillas en planta piloto del proyecto de reutilización de aguas regeneradas en olivar REUTIVAR (www.reutivar.eu)

El uso sostenible del agua se contempla así mismo en la economía circular, incluido en el análisis del ciclo de vida, o Life Cycle Assessment (LCA), entre otras muchas categorías de impacto ambiental (Ecoinvent, 2019). La economía circular es una estrategia incentivada y potenciada en los últimos años que incluye, entre otros muchos principios, la reducción en el uso de recursos, así como su reutilización. En el caso de la agricultura de regadío, además de la reducción en el uso de recursos, la reutilización de las aguas residuales para el riego es una práctica que hoy en día permite dotar de riego a explotaciones agrícolas anteriormente de secano, aumentando su producción al tiempo que se da salida a un volumen de agua que, de otro modo, no sería aprovechado. Esta reutilización de las aguas residuales requiere una previa regeneración y adecuación de su calidad, mediante la aplicación de diversas técnicas para la depuración que aseguren unos valores de los parámetros de calidad mínimos. Sin embargo, el uso de aguas regeneradas para el riego requiere un control estricto de la fertilización, pues el agua regenerada, aplicada en el riego, ya es portadora de nutrientes. El desarrollo de modelos de gestión del riego con aguas regeneradas ha demostrado que el contenido nutricional del agua de riego, en algunos cultivos como el olivar, puede llegar a reducir significativamente la necesidad de aportar fertilizantes al cultivo, con el consiguiente ahorro económico para el agricultor y beneficios ambientales derivados (Alcaide Zaragoza *et al.*, 2019).

6. Conclusiones finales

El sector de la agricultura de regadío ha experimentado numerosos cambios en las últimas décadas, orientados hacia la búsqueda de una agricultura más productiva y rentable. La modernización del regadío, el auge del riego localizado en detrimento del riego por superficie, la revolución tecnológica protagonizada por la tecnificación del riego y la llegada masiva de los sensores al campo, unido al impulso de las energías renovables en la agricultura de regadío, representan los avances más recientes y los nuevos retos en este sector. El objetivo final es siempre asegurar la producción agrícola, sin poner en riesgo la calidad, pero considerando la preservación de los recursos agua y energía, apostando por una agricultura más sostenible.

Sin duda, aunque aún queda mucho camino por andar, el presente y futuro de la agricultura de regadío, como sector clave en la economía mundial, está marcado por la tecnificación y especialización del sector, lo cual se basa y requiere de una fuerte apuesta por la I+D+i siempre encaminada a la optimización en el uso de los recursos y a la economía circular.

Bibliografía

- Alcaide Zaragoza, C., Fernández García, I., González Perea, R., Camacho Poyato, E., Rodríguez Díaz, J.A. (2019). REUTIVAR: Model for precision fertigation scheduling for olive orchards using reclaimed Water. *Water (Switzerland)* 11.
- Allen G., R., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO Estud. FAO Riego y Dren.

2. Tecnología de producción

- Corominas, J. (2009). Agua y Energía en el riego en la época de la sostenibilidad. Jornadas Ing. del Agua 2009. Madrid, Spain.
- Crespo Chacón, M., Rodríguez Díaz, J.A., García Morillo, J., McNabola, A. (2021). Evaluation of the design and performance of a micro hydropower plant in a pressurised irrigation network: Real world application at farm-level in Southern Spain. *Renew. Energy* 169, 1106–1120.
- Ecoinvent (2019). <https://www.ecoinvent.org/> Acceso: 2 Enero 2021.
- EEA (2017). Water use in Europe by economic sector. Eur. Environ. Agency. <https://www.eea.europa.eu> Acceso 2 Enero 2021.
- Fernández García, I., Novara, D., Nabola, A.M. (2019). A model for selecting the most cost-effective pressure control device for more sustainable water supply networks. *Water (Switzerland)* 11.
- Fernández García, I., Rodríguez Díaz, J.A., Camacho Poyato, E., Montesinos, P. (2013). Optimal Operation of Pressurized Irrigation Networks with Several Supply Sources. *Water Resour. Manag.* 27, 2855–2869.
- Flores Cayuela, C.M., González Perea, R., Camacho Poyato, E., Montesinos Barrios, P. (2021). ICTs in Industrial Agriculture. En: Muthu S.S. (eds) *Water Footprint. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*. Springer, Singapore.
- García Morillo, J., McNabola, A., Camacho, E., Montesinos, P., Rodríguez Díaz, J.A. (2018). Hydro-power energy recovery in pressurized irrigation networks: A case study of an Irrigation District in the South of Spain. *Agric. Water Manag.* 204, 17–27.
- González Perea, R., Camacho Poyato, E., Montesinos Barrios, P., Rodríguez Díaz, J.A. (2015). Irrigation Demand Forecasting Using Artificial Neuro-Genetic Networks. *Water Resour. Manag.* 29, 5551–5567.
- González Perea, R., Camacho Poyato, E., Montesinos, P., Rodríguez Díaz, J.A. (2018). Prediction of applied irrigation depths at farm level using artificial intelligence techniques. *Agric. Water Manag.* 206, 229–240.
- González Perea, R., Camacho Poyato, E., Montesinos, P., Rodríguez Díaz, J.A. (2014). Critical points: Interactions between on-farm irrigation systems and water distribution network. *Irrig. Sci.* 32, 255–265.
- INE. (2018). España en cifras 2018. Instituto Nacional de Estadística
- López-Luque, R., Reza, J., Martínez, J. (2015). Optimal design of a standalone direct pumping photovoltaic system for deficit irrigation of olive orchards. *Appl. Energy* 149, 13–23.
- MAPA (2019). Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos 1–178. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Mérida García, A., Fernández García, I., Camacho Poyato, E., Montesinos Barrios, P., Rodríguez Díaz, J.A. (2018). Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system. *J. Clean. Prod.* 175, 670–682.

- Merida García, A., Gallagher, J., Crespo Chacón, M., Mc Nabola, A. (2021). The Environmental and Economic Benefits of a Hybrid Hydropower Energy Recovery and Solar Energy System (PAT-PV), under varying energy demands in the Agricultural Sector. *J. Clean. Prod.* 303, 127078.
- Pérez-Padillo, J., Morillo, J.G., Ramirez-Faz, J., Roldán, M.T., Montesinos, P. (2020). Design and implementation of a pressure monitoring system based on iot for water supply networks. *Sensors (Switzerland)* 20, 1–19.
- Reca-Cardena, J., López-Luque, R. (2018). Design Principles of Photovoltaic Irrigation Systems, *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*.
- Redawn. <https://www.redawn.eu>. Acceso 5 Febrero 2021.
- Reutivar. <https://www.reutivar.eu>. Acceso 5 Febrero 2021.
- Rodríguez Díaz, J.A., Camacho Poyato, E., Blanco Pérez, M. (2011). Evaluation of water and energy use in pressurized irrigation networks in Southern Spain. *J. Irrig. Drain. Eng.* 137, 644–650.
- Siebert, S., Henrich, V., Frenken, K., Burke, J. (2013). Update of the digital global map of irrigation areas to version 5. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Ger. Food Agric. Organ. United Nations, Rome, Italy 171a.

Caudal



**Water.
People.
Future.**

Dripper by
 metzer

**Tuberías PE
Soluciones
para riego**

Tecnología Rootguard®



La única tecnología
que evita la intrusión de raíces
durante más de 10 años.

Patente mundial en la fabricación de
tuberías con gotero integrado. Solución
en el mercado desde hace más de 25 años.

La tecnología ROOTGUARD® ha demostrado su
eficacia ante la intrusión de raíces en las
instalaciones de riego por goteo subterráneo (RGS),
gracias a su aditivo antirraíces de liberación lenta,
gradual y controlada.

Tecnología
Rootguard®

10 años de
garantía



Caudal Water
People
Future

Yuval

Elección óptima para cultivos de temporada que requieren una gran longitud lateral. Gotero todo en uno.



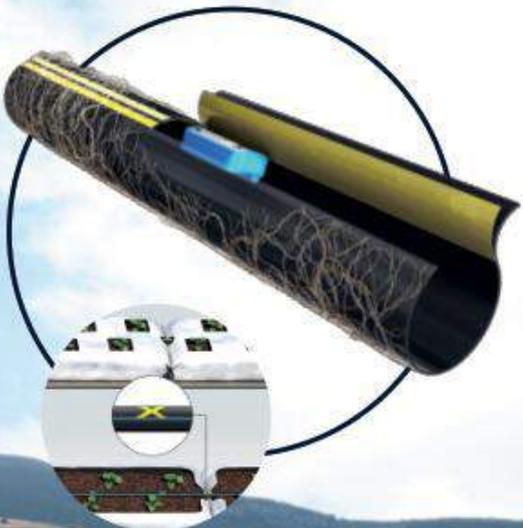
Inbar Agrupado

Las ventajas del Inbar ahora en distancias específicas personalizadas para los requerimientos de su invernadero.



Inbar RG-X

Sistema antidrenante combinado con la tecnología Rootguard® con marcas de localización para el posicionamiento idóneo de las sacas.



Adi

Autocompensante
cilindrico



Vardit

Autocompensante
plano



Vered

Autocompensante
plano



Inbar ND

Autocompensante
plano
antidrenante



Assif AS Rootguard®

Autocompensante
plano anti-sifón



Assif AS

Autocompensante
plano anti-sifón





Núcleo interno

Apto para almacenaje en exteriores



Lin Plus
Vardit
Inbar
Assif

Formato 0,63mm | 25mil

Presentación con núcleo interno para eliminar posibles problemas de pliegues
Núcleo 100% reciclable con la bobina
Amplia gama de caudales
Cumple con la norma ISO 9261



Hortícolas



Riego subterráneo



Cultivos leñosos



Jardinería

2.7. Fertilizantes convencionales

anffe@anffe.org

Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (ANFFE)

Índice

1. Nutrientes principales
2. Problemas por la deficiencia de nutrientes
3. Dosis de nutrientes a aplicar
4. Momentos de aplicación de los nutrientes
5. Consejos prácticos de aplicación de los nutrientes
6. Tipos de fertilizantes minerales empleados

Resumen

En este capítulo se recopila diferente información de expertos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) y del sector español de fertilizantes, relativa a la fertilización de los cultivos hortícolas en nuestro país.

1. Nutrientes principales

Tal y como se recoge en la Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010), la producción y calidad de los cultivos hortícolas están influidos por los niveles de disponibilidad de los macro y micronutrientes en el suelo, sobre todo cuando estos niveles están fuera del rango de suficiencia. El nitrógeno es el nutriente que más frecuentemente limita la producción, aunque en otros casos el factor limitante puede ser la disponibilidad de fósforo y potasio, o bien de algún micronutriente. La influencia que cada nutriente puede tener sobre la calidad del producto hortícola, depende mucho de cada cultivo.

En el capítulo 23 de la Guía se presentan los rangos de producción y extracción de nutrientes de los principales cultivos hortícolas en cultivo al aire libre. En dicho capítulo, Carlos Ramos Mompó y Fernando Pomares García, del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), se centran en los nutrientes que normalmente se incluyen en el programa de fertilización de los cultivos, es decir, nitrógeno, fósforo y potasio.

2. Problemas por la deficiencia de nutrientes

Las deficiencias de nutrientes en los cultivos hortícolas producen una disminución en la producción y calidad de las cosechas, manifestándose a través de síntomas visuales cuando son más acusadas. La deficiencia de nitrógeno suele producir una disminución del crecimiento y un color más pálido o amarillento de las hojas. La deficiencia de fósforo normalmente produce tonos púrpuras en las hojas más viejas, aunque en las plantas pequeñas puede haber una restricción importante del crecimiento sin apenas síntomas foliares. La deficiencia de potasio se manifiesta, en algunos casos, por una necrosis de los bordes de las hojas y un curvamiento hacia arriba de los mismos.

Por su parte, la deficiencia de calcio produce una necrosis en los bordes de las hojas, (Tip Burn, Necrosis Apical), y la carencia de magnesio provoca un amarillamiento internervial en las hojas más viejas.

Con respecto a los micronutrientes, tienen una relevancia determinante, y la deficiencia de uno de ellos puede afectar no solo al rendimiento del cultivo sino también a su calidad. Hay que tener en cuenta que en España producimos “calidad A” de frutas y hortalizas, sustancialmente destinadas a exportación.

El correcto nivel nutricional de los cultivos está basado en una relación balanceada entre todos los nutrientes que los componen; conociendo estas concentraciones ideales mediante análisis foliares, se puede diseñar la fertilización más correcta que evite la aparición de graves deficiencias, incluso adelantarnos a la aparición física de las mismas. Técnicamente es más adecuado y rentable diseñar una fertilización preventiva que se adelante a las posibles apariciones de carencias que actuar de forma curativa una vez ya sean visibles

3. Dosis de nutrientes a aplicar

La dosis de nutrientes a aplicar en cada caso depende fundamentalmente de las extracciones del cultivo, del contenido de nutrientes en el suelo y de su eficiencia de utilización por el cultivo. Las extracciones de nutrientes dependen principalmente de la producción, mientras que la eficiencia de utilización, sobre todo en el caso del nitrógeno, depende fundamentalmente de la forma química en la que se presenta el fertilizante, del sistema radicular del cultivo, del manejo del abonado y de la eficiencia de riego. En la Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos se indican las ideas básicas para el cálculo de las dosis de abonado para nitrógeno, fósforo y potasio.

Por su parte, se indican las dosis de abonado que pueden emplearse para los niveles de producción especificados, para el caso de que no se disponga de una información local de los servicios técnicos de agricultura que se haya obtenido mediante estudios técnicos en la zona o que el cultivo se sitúe en zonas con limitaciones a la fertilización en zonas designadas como vulnerables.

4. Momentos de aplicación de los nutrientes

Una vez determinadas las necesidades de abonado, hay que establecer los momentos adecuados para su aplicación. La idea principal del fraccionamiento del abonado, sobre todo en el caso del nitrógeno, es que permite aumentar la eficiencia de uso del fertilizante al acompañar mejor el suministro del nutriente con su absorción por el cultivo. En el caso de la fertirrigación la distribución del nitrógeno, fósforo y potasio es mucho más fraccionada y, en general, debe aplicarse entre un 20-30% en el primer tercio del ciclo de cultivo, un 50-60% en el segundo tercio, y un 10-30% en el último tercio del ciclo. Algunas normas básicas que conviene tener en cuenta son:

- En las fases iniciales de los cultivos desde el inicio a la floración, las exigencias de nutrientes son bajas para ir aumentando a medida que avanza el desarrollo del cultivo. Los nutrientes más demandados en esta época son el nitrógeno y el fósforo, debiendo encontrarse estos cerca de las raíces y en forma disponible para la correcta implantación del cultivo. Si se produce un déficit de nitrógeno los efectos sobre el crecimiento pueden ser irreversibles.
- Durante los períodos fenológicos como la floración, el cuajado y la formación de bulbos, decaen las necesidades de nitrógeno, manteniéndose las de fósforo y aumentando las de potasio. Es importante manejar adecuadamente las dosificaciones de nitrógeno y no generar excesos que puedan provocar corrimiento de flores que reduzcan la producción final o provocar crecimientos excesivos en fases no apropiadas que produzcan tejidos débiles proclives a ser afectados por enfermedades.
- En la fase final del cultivo desde el cuajado o formación de bulbos hasta la maduración, las necesidades nutritivas más importantes de los cultivos son de potasio, generándose en este momento las necesidades más altas de todo el ciclo. El potasio en las plantas favorece la maduración, la coloración, el engorde y formación de azúcares que harán de las cosechas un producto comercial. Aunque las necesidades de nitrógeno no desaparecen totalmente, la aplicación en esta fase deber ser pequeña o nula según el destino de la producción, ya que puede repercutir negativamente en la calidad si la cosecha va dirigida a conservación o puede ocasionar niveles de N mineral en el suelo que a las plantas no les dé tiempo a absorber y permanezcan en el suelo después de la cosecha con riesgo de lixiviarse.

5. Consejos prácticos de aplicación de los nutrientes

En la Tabla 1, se recoge información práctica sobre los principios básicos de la aplicación de fertilizantes, y se incluyen las recomendaciones a seguir con el fin de asegurar la aplicación adecuada de los mismos (ANFFE, ACEFER, 2017). Gran parte de la información recopilada es aplicable a la fertirrigación.

Tabla 1. Aplicación Racional de Fertilizantes – Guía práctica

Guía práctica

	¿QUÉ?	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar fertilizantes con una buena calidad física y química. Emplear los más adecuados, en función de las características químicas y físicas del suelo y las exigencias nutricionales del cultivo. Aportar los nutrientes (nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), etc.) de forma equilibrada para un óptimo rendimiento del cultivo. En fertilización, utilizar fertilizantes específicos para esta hortaliza (el N líquido es el más adecuado por su rápida absorción). 	<p style="text-align: center;">Y ADEMÁS...</p> <ul style="list-style-type: none"> Planificar de forma adecuada la fertilización de la explotación, teniendo en cuenta todos los factores y los medios disponibles. Realizar análisis de suelo, agua y vegetales, para determinar la cantidad óptima de nutrientes a aplicar. Tomar en cuenta la retención de cultivos de la explotación a la hora de definir el abonado. Mantener la máxima cobertura vegetal del suelo a lo largo del año, para conservar la fertilidad del mismo (cultivos cubiertos, mantenimiento de residuos, etc.). Practicar un laboreo adecuado, siguiendo las curvas de nivel en terrenos con pendiente, para evitar la pérdida adicional de nutrientes.
	¿CUÁNTO?	<ul style="list-style-type: none"> Determinar las dosis de nutrientes que se deben aportar con fertilizantes minerales a partir de la realización de un balance de entradas y salidas. El balance considerará el contenido en nutrientes del suelo y su disponibilidad por el cultivo, los nutrientes que se aportan con la materia orgánica disponible en la explotación, la incorporación o no de rales de cosecha, etc. Las necesidades se calcularán teniendo en cuenta las extracciones de la cosecha según los rendimientos esperados. Calcular el óptimo económico para maximizar la rentabilidad económica de los fertilizantes en función de su valor y del de la cosecha. 	
	¿CUÁNDO?	<ul style="list-style-type: none"> Incorporarlos en la época idónea, de acuerdo con la disponibilidad de los nutrientes y el momento de mayor necesidad del cultivo. Fraccionar su aplicación siempre que sea posible, especialmente en los fertilizantes nitrogenados. En riego por goteo, aplicar de forma continua los fertilizantes, ajustados a las necesidades de la planta. 	
	¿CÓMO?	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar los métodos de aplicación que permitan una distribución lo más homogénea y precisa posible. Revisar la calibración de los abonadores, cuando se utilicen, en función de las especificaciones de su fabricante. Mantener en buen estado los equipos de aplicación para optimizar la distribución. En riego por goteo, siempre que sea posible, en el agua de riego. 	
	¿DÓNDE?	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar los estratagos próximos a las raíces absorbentes, teniendo en cuenta su movilidad en el suelo. (El P, K y el N son mucho menos móviles que el N). Evitar los fertilizantes siempre que se cultiva la penita. 	

PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR LOS NITRATOS DE ORIGEN AGRARIO (REAL DECRETO 261/1996)

Zonas vulnerables: Superficie con crecimiento o filtración excesiva puede abitar a la contaminación de las aguas superficiales, subterráneas, embalses, lagos, charcas, etc. Son designadas por cada CC.LL.

Programas de actuación - Medidas básicas:

- Evitar la aplicación de determinados tipos de fertilizantes en algunas parcelas.
- Limitaciones en las dosis de abonado. No se permite incorporar más de 170 kg/ha de N procedente del sistema.
- Se debe abonar y regar un plan de abonado (libro de registro) basado en un balance de nutrientes.

Legislación relativa a las zonas vulnerables y Programas de actuación de las CC.LL.

CÓDIGOS DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS - FERTILIZERS EUROPE

NITRÓGENO (N)

Fertiliza las plantas pero el uso excesivo de los fertilizantes nitrogenados, contribuye a los peligros a la atmósfera y al agua:

- La disponibilidad de N del suelo está ligada con el tiempo y depende de la forma de materia orgánica, las características del suelo y el clima.
- La disponibilidad de N aportada por los fertilizantes nitrogenados depende del tipo y la forma líquida o sólida de los nutrientes de la forma de aplicación.
- Los compuestos nitrogenados se transforman de forma natural en el suelo y pueden pasar a nitratos, si no son absorbidos por las plantas, pueden producir emisiones.
- Etc.

UECA

Facilita las plantas para asegurar la eficiencia del uso de N contenido en la urea, minimizando las emisiones de amoníaco:

- Se incorporará al suelo, si es posible, aprovechando el momento de realización de una labor.
- Se aplicará preferentemente cuando haya predicciones de lluvia moderada y cuando pueda ser incorporada al suelo mediante el riego.
- Etc.

Una aplicación racional de los fertilizantes permite obtener un rendimiento óptimo de la cosecha

6. Tipos de fertilizantes minerales empleados

Los fertilizantes convencionales, aplicados en los cultivos hortícolas según la norma de las cuatro “R” de la Asociación Internacional de Fabricantes de Fertilizantes (IFA): “el producto Adecuado, en el momento Adecuado, en la cantidad Adecuada y en el lugar Adecuado”, permiten lograr unos resultados excelentes en cuanto a aprovechamiento de los nutrientes, alcanzando una máxima eficiencia y una mínima polución. De cara al futuro, se considera que estos productos van a seguir captando la mayor parte de mercado, mejorándose, cuando se necesite, con la adición de otros nutrientes o aditivos agronómicos. Es fundamental que el agricultor se asegure de adquirir fertilizantes de calidad, tanto química como física, que hayan sido elaborados con materias primas adecuadas y que tengan un contenido apropiado de nutrientes y que estos sean asimilables por los cultivos.

España es uno de los mayores productores hortícolas, tanto al aire libre como bajo invernadero, de la Unión Europea. Según los datos publicados en el ESYRCE (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019), en el cultivo de hortalizas en España destaca el sistema de riego localizado (57 por cien de todos los tipos de riego), con 122.780 hectáreas, donde se incluye también la superficie de invernadero. El riego localizado se asocia básicamente con la fertirrigación, que es la aportación a las plantas de los fertilizantes disueltos en el agua de riego.

Actualmente hemos llegado a la fase en que vamos superando el concepto de fertilización de los cultivos, en general, para hablar de “nutrición vegetal”. Ello implica no solo conocer en detalle el cultivo (sus estadios fenológicos determinantes), sino estudiar más el medio en que se desarrolla, suelo, agua, clima, de modo que podamos aportar las relaciones nutritivas adecuadas en cada momento para obtener el máximo rendimiento y calidad. Cuando disponemos de fertirrigación podemos ajustarnos con precisión a estos momentos fenológicos y, además, aportar la concentración de nutrientes adecuada que nos permita promover aquella parte del cultivo objeto de atención económica. La cantidad de agua de riego según ETP es determinante para la asimilación de los nutrientes aportados.

De acuerdo con las indicaciones de los expertos en fertilización, la característica lógica y esencial de los fertilizantes usados en fertirrigación es que sean solubles en agua, con el fin de obtener en disolución los elementos contenidos por los mismos. La fertirrigación supone la aportación de nutrientes inmediatamente disponibles para la planta, dosificados cuando el cultivo los necesita, por lo que, gestionándose correctamente, el aprovechamiento del nitrógeno es máximo y las pérdidas son mínimas.

Los fertilizantes nitrogenados más utilizados en fertirrigación son el nitrato amónico y el nitrato de cal, por su alta solubilidad y su elevada pureza. Con respecto a los fertilizantes líquidos, el más utilizado es la solución nitrogenada 32. De los diferentes fertilizantes empleados en fertirrigación, las ventas de soluciones nitrogenadas son las que llevan una tendencia creciente más alta en nuestro país, habiendo sido de 163.000 toneladas en el año 2000, de 206.000 toneladas en 2010 (+26 por cien con respecto al año 2000), y de 308.000 toneladas en 2019 (+89 por cien con respecto al año 2000).

Las Tablas 2 y 3 muestran los abonos sólidos y los abonos líquidos, respectivamente, más usados en España

2. Tecnología de producción

Tabla 2. Abonos sólidos más usados en fertirrigación en España

ABONOS SÓLIDOS	Nutrientes principales	Otros nutrientes	Solubilidad a 24° C (g/l)	CE disolución 0,5 gl en agua pura (dS/m)
Nitrato amónico	34,5% N		2.100	850
Nitrato de calcio	15% N	27% CaO	1.220	605
Nitrato de magnesio	11% N	15% MgO	590	448
Sulfato magnésico	16% MgO		380	410
Fosfato monoamónico	12%N 60% P ₂ O ₅		400	455
Nitrato potásico	13%N 46% K ₂ O		335	693
Cianuro potásico	60% K ₂ O		340	948
NPK-cristalinos	Alta concentración	A veces	150/250	Según fórmulas

Fuente: *Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marina, 2010b)*

Tabla 3. Abonos líquidos más usados en fertirrigación en España

ABONOS LÍQUIDOS	Nutrientes principales	Otros nutrientes	Densidad (g/l)	Temper. cristal °C	pH
Solución nitrogenada 32	32% N		1.325	0	6/7
Solución nitrogenada 26	20% N		1.260	6	6/7
Ácido nítrico *	13% N		1.360	-20	Ácido
Solución nitrato de calcio	8% N	16% CaO	1.400	-13	<4
Solución nitrato de magnesio	7% N	9,5% MgO	1.300	-20	<4
Ácido fosfórico *	54% P ₂ O ₅		1.690	-28	Ácido
Solución potásica	10% K ₂ O		1.150	5	5
Solución NPK-neutra	Bajo concent.		1.200-1.300	Variable	6/7
Solución NPK-ácida	Bajo concent.		1.200-1.300	Variable	1/2

*Productos clasificados como peligrosos. Precaución en su empleo

Fuente: *Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marina, 2010b)*

Para cultivos y aplicaciones concretas sí que estamos asistiendo a una renovación de los fertilizantes convencionales, ayudando a la mejor asimilación de los nutrientes por diferentes mecanismos, con fertilizantes más completos y adaptados a zonas concretas, y a los nuevos modelos de agricultura. Un factor clave para incrementar la productividad de los fabricantes de fertilizantes es incluir un valor añadido a sus productos y hacerlos más específicos para cada cultivo. Por ello, la industria española está permanentemente invirtiendo en I+D+i, desarrollando tecnologías que puedan ser implementadas a los fertilizantes, creando productos innovadores, que permitan alcanzar una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes. Ello supone un mayor retorno de la inversión realizada por los agricultores consiguiendo cultivos más productivos y de mayor calidad, que compensan sobradamente la inversión realizada en fertilizantes sin olvidar el aspecto medioambiental generando menores pérdidas por lixiviación, escorrentía o por emisiones a la atmósfera. En concreto, actualmente se está trabajando con las siguientes líneas de productos ya desarrollados:

- Fertilizantes de liberación lenta y controlada:
 - o Liberación lenta (distintas formas de urea de menor solubilidad).
 - o Liberación controlada, es decir, recubiertos (barrera física).
- Urea recubierta de azufre.
- Fertilizantes estabilizados:
 - o Con inhibidores de la nitrificación. Los dos inhibidores de la nitrificación más conocidos son la diciandiamida (DCD), el dimetilpirazolfosfato (DMPP) o la diciandiamida (DCD)-Soluble.
 - o Con inhibidores de la ureasa. El inhibidor de la ureasa más conocido es la Triamida N (n-butil) tiofosfórica (NBPT).

- Abonos totalmente solubles en agua.
- Coformulantes, que ayudan a mejorar la eficacia de los productos: mojanter, antiapelmazantes, estabilizantes, etc.
- Mejora del diagnóstico nutricional de los cultivos y de los suelos mediante nuevos sistemas de interpretación adaptados a la agricultura como son las metodologías DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System es una alternativa para evaluar el análisis foliar de un cultivo), que aportan una mayor precisión en las recomendaciones de abonado.
- Aplicación de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) en las explotaciones agrícolas. Diseño de nuevos métodos para optimizar la aplicación de los fertilizantes, mediante sistemas de guiado por GPS y visión artificial, dosificación variable de fertilizantes, así como aplicaciones informáticas que relacionan los mapas de distribución de fertilizantes con el mapa de rendimiento de las parcelas.

Sobre la Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (ANFFE)

ANFFE es una organización profesional fundada en 1977 que agrupa a los principales fabricantes españoles de fertilizantes y a productores extranjeros con actividad en España. Su misión es, entre otras, el fomento de un uso adecuado de los fertilizantes y el empleo de productos de calidad, con los que se consiga una agricultura productiva sostenible.

Bibliografía

- ANFFE. ACEFER. (2017). Guía Práctica de Aplicación Racional de los Fertilizantes <http://www.anffe.com/informaci%F3n%20de%20inter%E9s/documentos%20de%20inter%E9s/POSTER%20Aplicaci%F3n%20de%20fertilizantes.pdf> Acceso: 10 de junio de 2021.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2019). ESYRCE (Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos – Informe sobre Regadíos en España 2019). https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2019_tcm30-536911.pdf Acceso: 10 de junio de 2021.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010a). Guía Práctica de fertilización racional de los cultivos en España Vol.2. C. Ramos Mompó; F. Pomares García, Abonado de los cultivos hortícolas (pp 181-192). Madrid. [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/02_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57891.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/02_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57891.pdf) Acceso: 10 de junio de 2021.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010b). Guía Práctica de fertilización racional de los cultivos en España Vol.1. P. García-Serrano Jiménez; S. Ruano Criado; J. J. Lucena Marotta; M. Nogales García, La fertirrigación (pp 103-108). Madrid. [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf) Acceso: 10 de junio de 2021.

Biofertilizantes, una alternativa eficiente y ecológica

1. Introducción

La agricultura convencional ha utilizado históricamente fertilizantes químicos y pesticidas para asegurar los niveles de producción de sus cosechas. Sin embargo, el uso de este tipo de productos químicos supone un riesgo para la salud humana y para el medio ambiente. La tendencia del mercado actual es elaborar productos naturales (orgánicos) que sustituyan o disminuyan a medio plazo el excesivo uso de fertilizantes químicos y sus efectos negativos.

Una de las estrategias empleadas para dejar atrás la dependencia de productos químicos es el uso de Bioestimulantes (PB, por sus siglas en inglés Plant Bioestimulant), aquellas sustancias orgánicas o microorganismos que, al aplicarse sobre las plantas y cosechas, mejoran su producción y calidad, aumentan la tolerancia a los diferentes tipos de estrés y potencian su eficiencia nutritiva.

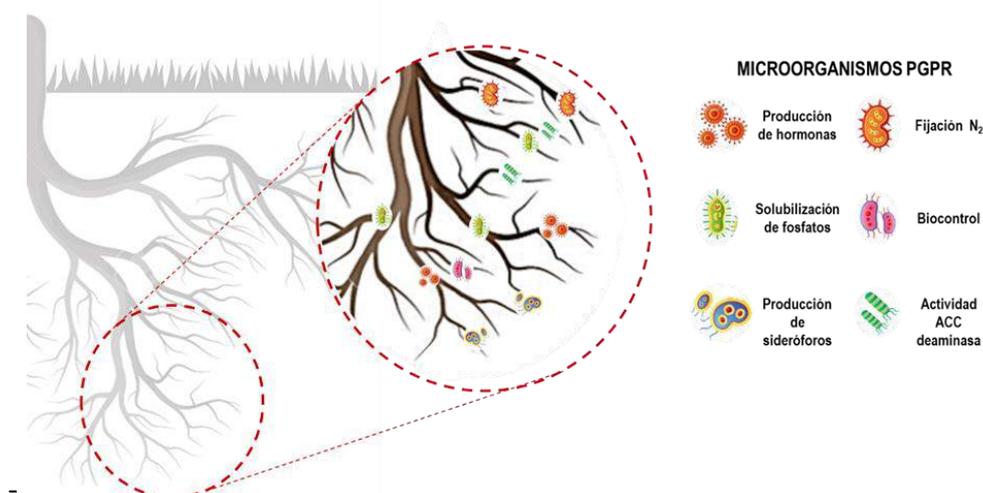
2. Microorganismos PGPR

Dentro de los bioestimulantes, tienen un papel muy relevante los microorganismos conocidos como PGPR (del inglés, Plant

Growth Promoting Rhizobacteria) que se encuentran de manera natural en la rizosfera, desde donde establecen relaciones beneficiosas con las plantas que promueven activamente su crecimiento.

Algunas de las actividades más relevantes de este tipo de bacterias son (Figura 1):

- Producción de hormonas que controlan el crecimiento y desarrollo de la planta, responden a cambios ambientales y regulan la expresión de determinados genes de la planta.
- Fijación de nitrógeno (N_2) atmosférico, haciéndolo accesible para la planta.
- Solubilización de fosfato inorgánico, de forma que se optimiza la disponibilidad de fósforo (P) para la planta.
- Control de los niveles de etileno en las plantas, gracias a la actividad ACC deaminasa.
- Producción de quelantes y sideróforos, que ayuda a favorecer la biodisponibilidad de ciertos metales esenciales para el desarrollo vegetal.
- Biocontrol y control de plagas, gracias al antagonismo microbiano que permite la inhibición del desarrollo de ciertos organismos patógenos para las plantas.



3. Del laboratorio al campo: un fertilizante a tu medida

El interés de **HEFE FERTILIZER** es desarrollar productos que mejor se adapten a los intereses y problemáticas de nuestros clientes. Para conseguirlo, es importante tener en cuenta algunos factores fundamentales. Por un lado, no todos los microorganismos presentes en los suelos tienen el mismo comportamiento. Por otro, existen numerosos factores ambientales (tipos de suelo, climatología, cultivos, zona geográfica...) que afectan al desarrollo y a la biodiversidad de los microorganismos que habitan en los diferentes suelos y cultivos. Es por ello que el Área de Microbiología de nuestra empresa implementa una metodología estandarizada y optimizada que permite el aislamiento selectivo de aquellos microorganismos PGPR que mejor respondan a las diferentes problemáticas planteadas por nuestros agricultores.

3.1. Fases de la investigación

Para asegurar la calidad de nuestros productos, el proceso de formulación de nuestros bioestimulantes consta de tres fases.

3.1.1. Fase de laboratorio

En esta primera fase, nuestro objetivo es el aislamiento y caracterización de aquellos microorganismos PGPR, de manera que podamos seleccionar los mejores candidatos para elaborar productos bioestimulantes de mejor calidad. Para ello, nuestra investigación sigue los siguientes pasos (Figura 2):

Aislamiento de los microorganismos de la fuente problema

Realizamos un aislamiento selectivo teniendo en cuenta las problemáticas e intereses de nuestros clientes. De esta

forma, y sabiendo que la microbiota rizosférica es diversa y diferente entre los distintos tipos de suelos y cultivos, nuestro Dpto de microbiología se encarga de realizar un análisis específico de las diferentes muestras problemáticas de forma que los resultados obtenidos puedan aplicarse de manera dirigida para solucionar la problemática planteada por los agricultores.

Análisis y caracterización de las propiedades PGPR de los diferentes organismos aislados

Esta caracterización nos permite conocer de qué manera se comportan los diferentes organismos seleccionados y determinar cuantitativamente las diferentes actividades PGPR de interés. De esta forma, nuestros investigadores seleccionan aquellos organismos que presenten las mejores capacidades (niveles superiores de solubilización de fosfato, ACC deaminasa, fijación nitrógeno, etc.).

Identificación taxonómica de los aislados

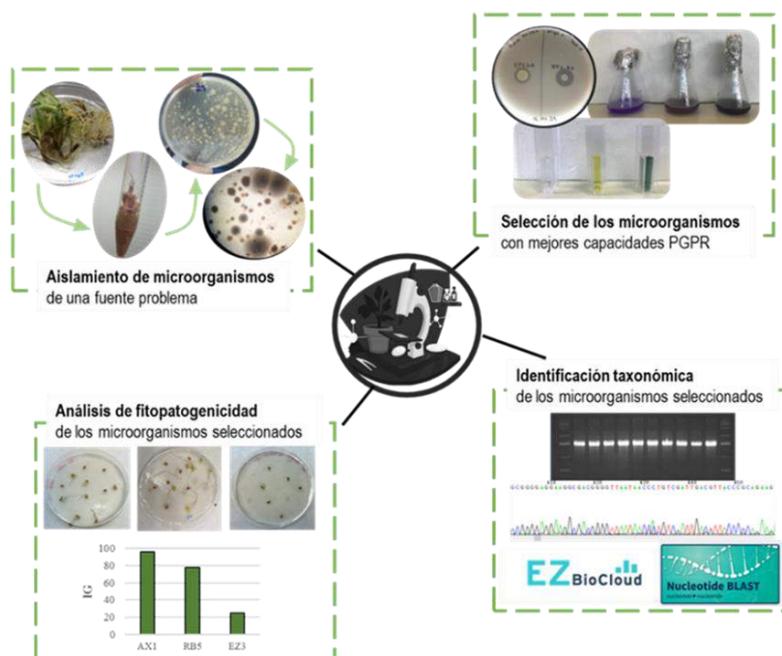
Gracias al uso de técnicas de biología molecular como la PCR, así como la secuenciación de genes específicos es posible la identificación taxonómica de los aislados bacterianos seleccionados, a través del estudio del gen 16S rRNA. Este método incluye tres etapas: la amplificación del gen mediante la técnica PCR, la determinación de la secuencia (gracias a la contratación de servicios de secuenciación) y el análisis de la secuencia. La comparación de las diferentes secuencias obtenidas con aquellas que se encuentran depositadas en las diferentes bases de datos, nos permite identificar las diferentes especies bacterianas que hemos seleccionado.

Análisis de fitotoxicidad

Antes de llevar a cabo los primeros ensayos en plantas, nuestro laboratorio analiza si los

microorganismos seleccionados, a pesar de tener su gran potencial PGPR, suponen una limitación para la germinación y el crecimiento de plantas. Para ello, y haciendo uso de la metodología descrita por Zuconi y

col. (1981) comprobamos el porcentaje de germinación de semillas de berro (germinación rápida) que han sido tratadas con los microorganismos seleccionados.



3.1.2. Ensayos en invernadero

Para determinar la eficiencia de los microorganismos seleccionados para la elaboración de los productos biofertilizantes, en HEFE Fertilizer estudiamos el efecto de su aplicación en diferentes tipos de cultivo bajo condiciones controladas (Figura 3). El diseño de este tipo de ensayos es un punto clave para la formulación de nuestros productos. Por un lado, corroboramos los datos obtenidos a nivel de laboratorio, y determinar las funciones que los diferentes microorganismos van a desempeñar al ser utilizados como fertilizantes biológicos (producto enraizante, mejora en la captación de nutrientes, respuesta antiestrés, control biológico y eliminación de plagas...). Por otro lado, los ensayos en invernadero nos permiten conocer qué dosis y momentos de aplicación producen mejores resultados sobre el crecimiento y desarrollo vegetal. Por último, es interesante destacar que, gracias

a estos ensayos podemos comparar el efecto que generan los diferentes tratamientos de fertilización utilizando inoculantes que contienen las bacterias seleccionadas frente al uso de algún tipo de fertilizante químico. De esta forma, contamos con datos que avalan nuestra intención de apostar por el desarrollo de productos más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, que mantienen o aumentan la eficiencia de los productos químicos tradicionales.

3.1.3. Ensayos en campos de cultivo

Durante esta última etapa en el proceso de formulación de nuevos bioestimulantes, verificamos la eficacia de los productos en cultivos que se encuentran bajo condiciones ambientales (Figura 4). De esta manera, comprobamos si las aplicaciones de estos nuevos fertilizantes basados en microorganismos sobre cultivos de interés suponen una mejora ante las diferentes situaciones y problemáticas a las que se

enfrentan nuestros clientes (mejora de la producción, eliminación de plagas, aumento de la calidad de los frutos...), así como permiten ajustar las dosis y momentos de aplicación previamente establecidas. En

definitiva, estos ensayos nos ofrecen la posibilidad de validar la eficacia de los nuevos productos en las condiciones en las que van a ser empleados.



4. Conclusión

Los nuevos microorganismos que se incluyen en nuestros productos han sido seleccionados por su capacidad de promover el crecimiento vegetal. El desarrollo y la consecución de cada una de estas etapas permite a nuestra empresa certificar la calidad de los productos, y valorar con los

datos obtenidos por parte de nuestros investigadores, si, junto con los beneficios ambientales, el uso y aplicación de nuestros fertilizantes microbiológicos ofrecen a nuestros clientes ventajas económicas que los convierten en una alternativa real frente a los productos tradicionalmente empleados en la agricultura.



GAMA DE MICROORGANISMOS

Una alternativa eficiente y ecológica

PROTECCIÓN DE CULTIVOS

Fungicidas
Insecticidas
Nematicidas

¡Fabricamos a medida! Cada cultivo posee unas características únicas, creamos la fórmula que necesites.

Ctra. A-491, Rota-Chipiona, Km.4,5
Rota, 11520 (Cádiz) España



www.hefefertilizer.com



(+34) 956 37 90 21

in f @





GAMA DE MICROORGANISMOS

Una alternativa eficiente y ecológica

NUTRICIÓN VEGETAL

Bacterias con Nitrógeno
Enraizantes
Fósforos
Calcio

Salinidad
Estrés hídrico
Estrés por calor

¡Fabricamos a medida! Cada cultivo posee unas características únicas, creamos la fórmula que necesites.

Ctra. A-491, Rota-Chipiona, Km.4,5
Rota, 11520 (Cádiz) España

 www.hefefertilizer.com

 (+34) 956 37 90 21



MycoUp 360[®]

Cultivos imparables



Maximiza el
potencial productivo
del cultivo



Permite a la
planta aumentar
su rendimiento
en presencia de
nematodos



Consigue el
equilibrio biológico
del suelo

2.8. Bioestimulantes

Camino García de Morentin
c.garcia@aefa-agronutrientes.com

AEFA

Índice

1. Bioestimulantes y mecanismos de acción
 - 1.1. Ácidos húmicos
 - 1.2. Proteínas hidrolizadas y aminoácidos
 - 1.3. Extractos de algas y plantas
 - 1.4. Quitosano y otros biopolímeros
 - 1.5. Compuestos inorgánicos
 - 1.6. Microorganismos
2. Legislación
3. Situación y evolución de los bioestimulantes mercado
4. Impacto del Covid-19
5. Futuro de los bioestimulantes

Resumen

El sector agrícola está evolucionando y experimentando cambios en los últimos años y se esperan más en los venideros. Abordar el reto del abastecimiento alimentario de la sociedad sin agotar los recursos del planeta, cumpliendo a la vez con los objetivos de sostenibilidad y compromiso con el medio ambiente, plantea al sector una serie de retos que a la vez significan una serie de nuevas posibilidades de manejo en la agricultura, fruto de la investigación y la tecnología.

Los productos bioestimulantes se presentan como una alternativa real en la nueva hoja de ruta de la agricultura mundial: seguros para la salud humana, respetuosos con el medio y eficientes en el incremento de los rendimientos y calidades de las producciones agrícolas, aprovechando los recursos y disminuyendo los residuos. El cada día mayor conocimiento de su implicación en los procesos químicos y biológicos de las plantas y su mayor implantación en las prácticas agrícolas, inicialmente en los cultivos hortícolas de alto valor añadido y cada vez más introducidos en extensivos, proporcionan un futuro prometedor a los bioestimulantes.

1. Bioestimulantes y mecanismos de acción

Uno de los mayores retos planteados en pleno 2022 es la capacidad de abastecer a la creciente población mundial a la vez que se mantiene un equilibrio con el medio ambiente, teniendo en cuenta la constante disminución de recursos ocasionada en gran medida por la sobreexplotación agrícola de los últimos siglos.

Desde los inicios de la agricultura el hombre ha utilizado productos y sustancias que han favorecido el crecimiento de sus cultivos e incrementado sus rendimientos especialmente frente a las inclemencias del tiempo. Al principio, se utilizaban con poco rigor científico y basándose únicamente en la evidencia práctica, pero a medida que las técnicas han avanzado ha quedado patente que ciertos compuestos, al margen de su aporte nutricional a la planta, favorecen y mejoran su crecimiento y características.

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, al aplicarse a las plantas, son capaces de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia (Du Jardin, 2019). Los efectos pueden ser muy variados, dependiendo de las sustancias que lo compongan, las condiciones del medio, el mecanismo de acción, las reacciones bioquímicas y otros aspectos implicados, los bioestimulantes desencadenan diferentes reacciones en la planta mejorando su capacidad de adaptarse al medio, su eficacia frente a la asimilación de nutrientes o sus rendimientos.

En la Figura 1 (Povero *et al.*, 2016) se encuentran resumidos algunos ejemplos de los principales efectos y acciones fisiológicas de los bioestimulantes demostrados en ensayos.

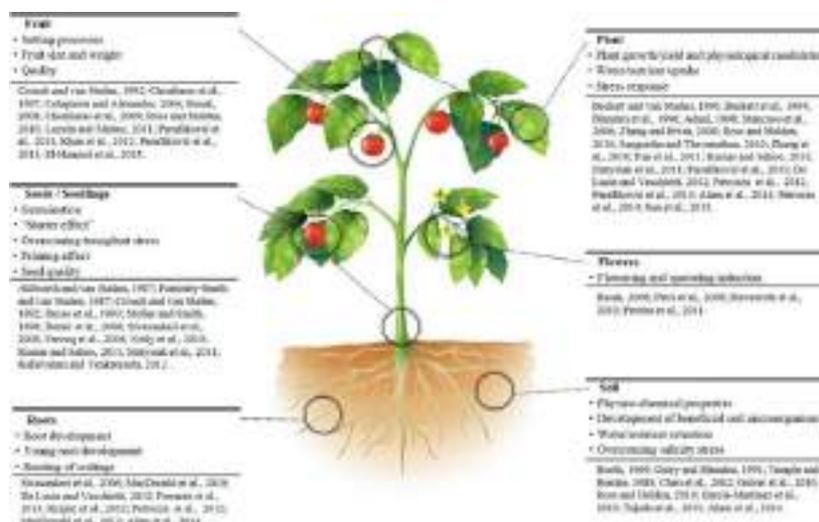


Figura 1. Principales efectos y acciones de los bioestimulantes. En el fruto, los bioestimulantes pueden influir sobre el cuajado, el tamaño y la calidad, y sobre la calidad. Sobre las semillas y plantel, pueden mejorar la germinación, tener un “efecto starter”, disminuir o evitar el estrés del transplante, un efecto priming (mejora de la germinación) y mejorar la calidad de las semillas. En relación a las raíces, pueden mejorar el desarrollo radicular, ayudar al desarrollo de las raíces jóvenes y mejorar el enraizamiento de las estaquillas. Sobre la planta, pueden mejorar el crecimiento, la producción y la modulación fisiológica; también pueden mejorar la absorción de agua y nutrientes y la respuesta al estrés. Sobre las flores, pueden mejorar la floración y la inducción de la brotación. En el suelo, pueden mejorar las propiedades físico-químicas, el desarrollo de microorganismos del suelo beneficiosos, la retención de agua y nutrientes, y ayudar a las plantas a sobreponerse al estrés salino

Los tipos de sustancias que se incluyen en la definición de producto bioestimulante son muy diversos. Según el mismo Du Jardin (Du Jardin *et al*, 2015), jefe de Biología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de Gembloux y uno de los mayores expertos mundiales en bioestimulación, existen diferentes categorías reconocidas a nivel científico: los ácidos húmicos y fúlvicos, las proteínas hidrolizadas y aminoácidos, los extractos de algas y plantas, el quitosano y otros biopolímeros, los compuestos inorgánicos y ciertos microorganismos como pueden ser los hongos y bacterias beneficiosas.

1.1. Ácidos húmicos

Los ácidos húmicos, engloban los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Están presentes en los suelos y son la parte más activa de la materia orgánica del mismo. Están constituidos por una mezcla de moléculas orgánicas complejas formadas por descomposición y oxidación de la materia orgánica. El origen de estos compuestos es diverso (turba, restos vegetales...), pero la mayor parte proceden de la leonardita y, dependiendo de su procedencia, las condiciones medioambientales del proceso de humificación, del cultivo al que se aportan y del modo de aplicación los efectos son variables.

Entre sus efectos positivos está demostrado que actúan como mejoradores de la fertilidad del suelo actuando en sus propiedades físicas y/o, químicas y biológicas: en terrenos arcillosos mejoran la estructura del suelo, incrementando la permeabilidad del terreno y la aireación de las raíces; en suelos arenosos, favorecen el intercambio catiónico y mejoran la capacidad de retención de agua y disminuyen la pérdida de nutrientes por lixiviación.

La aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos facilita el desbloqueo de nutrientes en el suelo y mejora su asimilación, operando como agentes complejantes naturales. En la planta se puede observar un incremento radicular, que produce una mejor absorción de elementos nutritivos y aumento del desarrollo vegetativo que favorecen los procesos fisiológicos y mejoran los rendimientos del cultivo.

1.2. Proteínas hidrolizadas y aminoácidos

Los hidrolizados de proteínas se definen como una mezcla de polipéptidos, oligopéptidos y aminoácidos obtenidos a partir de fuentes de proteínas utilizando hidrólisis química o enzimática de proteínas de origen animal o vegetal (ejemplo: subproductos de la industria del cuero, proceso de pescado o biomasa de vegetales).

Estos compuestos tienen la capacidad de modular la absorción y asimilación del nitrógeno, regulando enzimas implicadas o actuando en la ruta de absorción de N por las raíces. Algunos aminoácidos como la prolina tienen un efecto quelante, mientras que otros presentan actividad antioxidante que contribuye a mejorar la movilidad de ciertos micronutrientes y disminuye los daños por estrés ambiental. Diversos ensayos demuestran que estos productos incrementan la biomasa microbiana, la respiración del suelo y su fertilidad.

1.3. Extractos de algas y plantas

El uso de algas marinas como bioestimulante es relativamente reciente (previamente se usaban como fuente de materia orgánica). Los extractos purificados de algas contienen polisacáridos, alginatos o caragenatos, macronutrientes y micronutrientes, esteroides, compuestos

2. Tecnología de producción

nitrogenados como la betaina y hormonas, y las algas que utilizan habitualmente en la obtención de los extractos son las denominadas como algas pardas (*Ascophyllum nodosum*, *Laminaria* sp., *Fucus* sp., *Macrocystis pyrifera*, *Ecklonia maxima* y *Durvillea* sp. etc.)

Las algas actúan sobre el suelo mejorando la capacidad de retención de agua y la aireación del mismo, facilitando el intercambio iónico o fijando metales pesados y promueven el desarrollo de la microflora bacteriana del suelo. En las plantas, cuando el producto se ha desarrollado y aplicado correctamente, los beneficios más comunes que pueden aportar a los cultivos son: crecimiento más vigoroso, inducción de la brotación natural, mejora de la resistencia a efectos climáticos (heladas, fuerte calor, sequedad), superación de la crisis post-trasplante, mejora de la uniformidad de los frutos. El impacto que producen en la germinación de semillas o la mejora del desarrollo vegetativo está asociado a su efecto estimulante en la producción de hormonas en las plantas.

En la Figura 2 se muestra una representación esquemática de los efectos fisiológicos provocados por extractos de algas y posibles mecanismos de su bioactividad (Khan *et al.*, 2009).

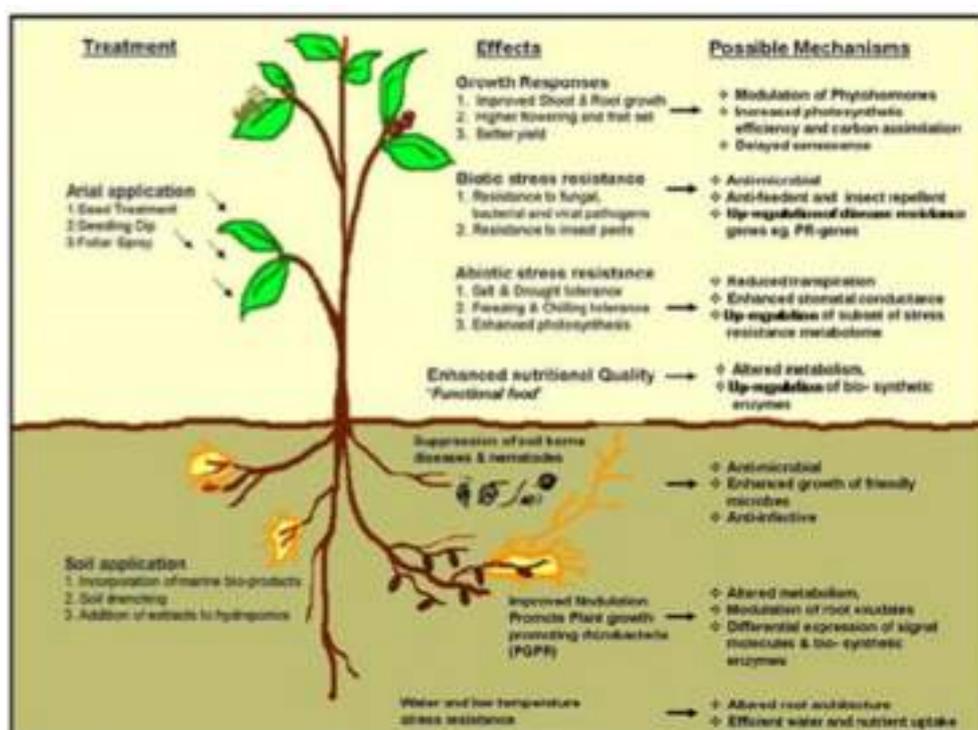


Figura 2. Efectos fisiológicos provocados por extractos de algas y posibles mecanismos de su bioactividad

1.4. Quitosano y otros biopolímeros

El quitosano (Poli-D-glucosamina) es un derivado de la quitina y es un polisacárido natural procedente del caparazón de crustáceos, que se puede obtener tanto de manera natural como mediante procesos industriales.

Sus principales efectos bioestimulantes son la mejora de la tolerancia al estrés abiótico (sequía, salinidad, estrés por frío) gracias al cierre estomático inducido a través de un mecanismo dependiente del ácido abscísico y la producción de compuestos relacionados con el metabolismo primario y secundario de las plantas.

1.5. Compuestos inorgánicos

Diversos elementos químicos influyen en el crecimiento de las plantas pudiendo ser esenciales para algunas especies en particular. Los principales son aluminio (Al), cobalto (Co), sodio (Na), selenio (Se) y silicio (Si), y están presentes en suelos y en plantas en forma de diferentes sales inorgánicas y como formas insolubles.

Sus efectos bioestimulantes pueden ser como constituyentes, reforzando de las paredes celulares por los depósitos de sílice, como mejoradores de la tolerancia al estrés abiótico como en el caso del estrés osmótico del sodio, o como estimuladores del crecimiento vegetativo con la mejora de la calidad del fruto.

1.6. Microorganismos

La presencia de ciertos microorganismos puede provocar en la planta la síntesis de sustancias bioestimulantes que mejoran el rendimiento y la productividad del cultivo. Estos microorganismos podrían desglosarse en dos grandes grupos, los hongos y las bacterias:

- Los hongos beneficiosos interactúan con las raíces de las plantas con las que están en simbiosis. Las micorrizas tienen unos efectos ampliamente aceptados en el balance hídrico y la protección contra el estrés abiótico de las plantas. Otros hongos endofitos, como *Trichoderma* spp. (*Ascomycota*) son capaces de vivir parte de su ciclo de vida lejos de la planta, colonizar las raíces y, como se ha demostrado recientemente, transferir nutrientes a sus huéspedes, utilizando mecanismos aún poco conocidos y que despiertan cada vez más atención, tanto como inoculantes de plantas más fáciles de multiplicar in vitro, como modelos de transferencia de nutrientes entre endosimbiontes fúngicos y sus huéspedes.
- Dentro de las bacterias con efectos bioestimulantes, se utilizan dos tipos principales; endosimbiontes mutualistas del tipo *Rhizobium* y Rhizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). Los bioestimulantes basados en *Rhizobium* se comercializan como inoculantes microbianos que facilitan la adquisición de nutrientes por las plantas. Los PGPR son multifuncionales e influyen en todos los aspectos de la vida vegetal: nutrición y crecimiento, morfogénesis y desarrollo, respuesta al estrés biótico y abiótico e interacción con otros organismos en los agroecosistemas. Su variedad de funciones y las dificultades técnicas asociadas a su formulación restringen el uso de estos productos debido a su complejidad, aunque el mercado a nivel mundial está creciendo y se desarrollan gran variedad de compuestos.

2. Legislación

Actualmente, en nuestro país los productos con efecto bioestimulantes están regulados por la normativa de fertilizantes, y para su puesta en el mercado, estos deben cumplir con la legislación vigente. Para ello, en España el producto tiene que comercializarse según la legislación nacional o europea (o sino a través del Reglamento EU 515/2019 relativo al reconocimiento mutuo de mercancías):

2. Tecnología de producción

1. Normativa Nacional: La comercialización de fertilizantes está regulada por el Real Decreto 506/2013 y sus posteriores modificaciones. Podemos decir que España va por delante de la normativa europea respecto a los productos bioestimulantes, y ya desde su publicación en 2013, contempla entre sus categorías el grupo 4 denominado “Otros abonos y productos especiales” que abarca una serie de productos con claros efectos bioestimulantes como son los aminoácidos, los ácidos húmicos, los productos a base de silicio o los extractos de algas entre otros.

En el año 2017 se publicó además el RD 999/2017 que modificaba el RD 506/2013 que incorporaba como nuevo tipo a los fertilizantes a base de microorganismos. Estos productos, con marcado efecto bioestimulante, precisan ser registrados en el Registro Nacional de Productos Fertilizantes antes de su puesta en el mercado (igual que los fertilizantes de origen orgánico) y para ello es necesario presentar un complejo dossier firmado por un organismo independiente que demuestre su eficiencia agronómica y su seguridad mediante ensayos de eficacia y depositar el microorganismo en una colección junto a un protocolo de aislamiento, identificación y crecimiento del microorganismo.

2. Normativa Europea: Tras muchos años de trabajo en los que AEFA ha participado muy activamente, en junio de 2019 se publicó el Reglamento (EU) 2019/1009 sobre productos fertilizantes. Esta normativa sustituye al anterior Reglamento (CE) 2003/2003 (en aplicación hasta junio de 2022) y por primera vez incluyen todos los productos fertilizantes y agronutricionales en 7 grupos según su función (denominados Categorías Funcionales de Productos o CFP):
 - CFP1: Abono o fertilizante (inorgánico, órgano-mineral y orgánico)
 - CFP2: Enmiendas caliza
 - CFP3: Enmiendas del suelo
 - CFP4: Sustratos de cultivo
 - CFP5: Inhibidores
 - CFP6: Bioestimulantes de plantas
 - CFP7: Mezcla de productos fertilizantes

Una de las mayores y más esperadas novedades del reglamento, y más demandadas en el sector, es la creación de esta nueva CFC 6 los Bioestimulantes de las plantas. Por primera vez, se aporta una definición clara a este término y se le desliga completamente del concepto de producto fitosanitario. Tal y como se indica en el Anexo I del Reglamento EU 2019/1009, los bioestimulantes “son productos cuya función consista en estimular los procesos de nutrición de las plantas con independencia del contenido de nutrientes del producto, con el único objetivo de mejorar una o varias de las siguientes características de las plantas y su rizosfera: la eficiencia en el uso de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, las características de calidad, o la disponibilidad de nutrientes inmovilizados en el suelo y la rizosfera”.

Para poder comercializarse, los productos bioestimulantes deberán cumplir con los requisitos del reglamento y tener siempre los efectos que se declaren en la etiqueta para los cultivos que se especifiquen. Según su origen podrán ser de dos tipos: Microbianos, cuando estén compuestos por los microorganismos listados en la categoría de materiales componentes 7 (CMC 7), que a día de hoy son *Azotobacter*, Hongos micorrízicos, *Rhizobium spp* y *Azospirillum*, o de origen no microbiano, cuyos componentes pueden pertenecer a cualquiera de las demás

categorías mencionadas en el Anexo II del reglamento. Estos productos deberán someterse a una evaluación de la conformidad que certifique que cumplen los requisitos y estándares de calidad estipulados en la normativa.

Para proporcionar la armonización voluntaria que confiere la nueva legislación europea y permitir que los fabricantes puedan escoger entre el mercado CE o que su producto se comercialice por la vía nacional y a la vez asegurar la seguridad y calidad de todos los insumos europeos, el MAPA está adaptando el marco legal nacional incluyendo en el Anexo I del Real Decreto 506/2013 la mayoría de los tipos de fertilizantes incluidos en el Anexo I del Reglamento (CE) 2003/2003 que próximamente se deroga mediante un proyecto de Orden Ministerial que recientemente ha pasado por la situación de trámite de audiencia

La legislación es una de las grandes trabas con las que lucha el sector de los bioestimulantes desde sus inicios, y no porque desde los fabricantes no se quiera cumplir con ella, sino precisamente, por lo contrario, la necesidad de que estos productos tengan un hueco definido y un buen marco legal que avance al mismo ritmo que el desarrollo de productos de las empresas. El sector demanda una reglamentación que establezca una barrera clara con los productos fitosanitarios, que deje fuera del mercado compuestos fraudulentos y que no cumplen con la legislación, pero que sea capaz de evolucionar hacia las necesidades del mercado. Resulta incomprensible que productos seguros para la salud y el medioambiente con una eficiencia en el rendimiento de los cultivos probada, demandados en muchas partes del mundo y desarrollados por empresas nacionales punteras del sector, no puedan comercializarse libremente en Europa por no estar recogidos en ninguna normativa y no tener un espacio bien definido en el sector agrícola.

3. Situación y evolución de los bioestimulantes mercado

Durante los últimos años el sector de los bioestimulantes ha evolucionado notablemente. Cada día son más las empresas que se embarcan en la tarea de desarrollar este tipo de productos apoyados por políticas europeas y nacionales de sostenibilidad como nueva alternativa en el mundo agrario.

Los datos de mercado del sector de los bioestimulantes son difusos, debido a la diversidad de productos que comprende y a su reciente implantación e introducción en las prácticas agrícolas. Además, el vacío legal que ha existido hasta ahora y el no disponer de una norma común que los unifique no ayuda a poder agruparlos y estudiar sus datos reales de mercado.

Pese a ello, según las estimaciones de EBIC (European Biostimulantes Industry Council), Europa lidera el desarrollo y fabricación de bioestimulantes con un crecimiento anual de mercado de un 10-12%. La mayoría de los analistas señalan que el mercado europeo de bioestimulantes representa aproximadamente la mitad del mercado mundial y estiman que su valor oscilará entre 1.500 y 2.000 millones de dólares en 2022 (Dunham Trimmer).

Las más de 50 empresas asociadas de AEFA (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes), destinan entre un 5 y un 10 % de su presupuesto al año a I+D+i de nuevos productos, contribuyendo a que España sea un referente a nivel mundial en la fabricación y desarrollo de productos bioestimulantes. Las empresas asociadas de AEFA alcanzaron en 2019

los 530 millones de euros en ventas de productos agronutricionales especiales y bioestimulantes, el 60% destinados al mercado nacional y exportando el resto.

Es importante señalar la alta demanda de estos productos fuera de la UE, pese a las dificultades impuestas por un marco legal confuso y la desigual competencia con terceros países menos exigentes en cuanto a requisitos de calidad. Con ello se ve recompensado el esfuerzo y la inversión en desarrollo e innovación de las empresas del sector, que de media suelen destinar unos 3 años en desarrollar un producto y ponerlo en el mercado. Hasta hace poco, los bioestimulantes se utilizaban únicamente en cultivos de alto valor añadido, pero a día de hoy y en vista de su probada eficiencia, cada día están más implantados en agricultura extensiva.

4. Impacto del Covid-19

El 2020 ha sido un año complicado para todos. La crisis sanitaria generada por la pandemia ha demostrado que el sector agroalimentario es vital. Todos los eslabones de la cadena alimentaria han demostrado su compromiso con la sociedad y trabajado a destajo para poder cumplir con el abastecimiento y las necesidades de una población en una situación excepcional.

Las empresas de agronutrientes y bioestimulantes, como las asociadas de AEFA, han trabajado durante todo el 2020 tratando de minimizar los estragos de la pandemia para mantener surtidos a todos los productores y que no existiese déficit en el sector. El sector ha demostrado que está perfectamente instaurado y que el suministro de insumos especiales y bioestimulantes está garantizado pese a las condiciones límite que se han vivido.

Durante el inicio del estado de alarma, la confusión generada tras la publicación del Real Decreto 463/2020, precisó que las asociaciones del sector y organizaciones agrarias solicitasen en varias ocasiones al MAPA que dejase claro que los insumos agrarios debían considerarse actividad esencial. El 30 de marzo el ministerio publicó una nota informativa dónde se indicaba la esencialidad de la actividad de las empresas que suministran insumos agrarios y por tanto, se pudo continuar con la actividad, tratando de mantener la normalidad en el sector teniendo en cuenta el resto de dificultades impuestas para todas las actividades nacionales y que también afectaron al funcionamiento de las empresas asociadas de AEFA (teletrabajo, restricciones de movilidad, medidas de seguridad necesarias, complicaciones en los desplazamientos de materias primas, mercancías y trabajadores, turnos y disminución de personal en fábricas, ...)

Igualmente, también se solicitó que se incluyesen los vehículos de distribución de insumos agrícolas y de las materias primas necesarias para su fabricación en el listado de vehículos para los que quedaba exceptuado el cierre de las vías o restricción a la circulación en el Artículo 1 de la Orden INT/262/2020, de 20 de marzo, petición que se tuvo en cuenta con la publicación de la Orden INT/284/2020 que permitía la circulación de los vehículos solicitados durante todo el estado de alarma.

Otro problema con el que tuvo que luchar el sector fue el repunte de los precios de las materias primas de proveedores extranjeros, tratando de que los suministros estuviesen garantizados sin que estos incrementos repercutiesen en el precio final de los insumos y por tanto, en el consumidor final, que ya de por sí disminuyó el consumo de productos de alto valor añadido.

5. Futuro de los bioestimulantes

La población mundial se estima que en 2050 alcance 9.000 millones de personas mientras que los recursos del planeta disminuyen. El abastecimiento alimentario se plantea cada vez más complicado sin la introducción de cambios en los sistemas productivos. Estos cambios, sin embargo, deben ir acompañados de alternativas reales que aseguren los rendimientos de los cultivos y el suministro de alimentos sanos y seguros.

Europa se ha pronunciado y ha marcado unos objetivos claros y concisos:

- Reducir un 50 % el uso de plaguicidas
- Reducir pérdidas de nutrientes al menos un 50 %, sin alterar la fertilidad del suelo
- Reducir el uso de fertilizantes al menos un 20 % para 2030
- Alcanzar un 25 % de producción ecológica en la superficie total de cultivo.

La mayor parte de las políticas europeas apuestan por la sostenibilidad, la protección del medioambiente, la economía circular y la utilización de residuos. La importancia del cambio climático, de reducir las emisiones que provocan el efecto invernadero, los requisitos para cumplir el greening y la condicionalidad estipulados en la PAC, los límites en la utilización de metales pesados, las limitaciones impuestas en zonas vulnerables, la desaparición a corto plazo del 40% de las sustancias activas fitosanitarias disponibles, hacen que nos encontremos ante la necesidad y obligación de un importante cambio en el uso y manejo de los recursos naturales.

Pese a que lleven ya años utilizándose e introduciéndose con un ritmo de crecimiento muy rápido, los bioestimulantes irrumpen en el sector como una alternativa real que cumple con requerimientos de sostenibilidad y el compromiso exigido con el medio ambiente, a la vez que demuestran efectos reales en el rendimiento y calidad de los cultivos.

Por norma general, los bioestimulantes están formados por compuestos de origen natural, son biodegradables, no contaminantes y con un plazo de seguridad mínimo para los cultivos. En gran parte del mundo (Estados Unidos, México y resto de países de América Latina, Australia, ...) su utilización está establecida y ahora que, en Europa, el mayor productor y desarrollador de nuevos compuestos, se están venciendo las barreras legislativas, su crecimiento continuará avanzando sin duda alguna.

Las empresas de AEFA han apostado de manera arriesgada por la innovación, incorporado la tecnología y la investigación con plantillas altamente cualificadas en un sector muy tradicional y con el tremendo hándicap del inmovilismo legislativo. La entrada en aplicación del Nuevo Reglamento Europeo de Fertilizantes en 2022, la incorporación al sector de grandes empresas con capacidad para hacer llegar a las administraciones competentes las necesidades reales del sector, el papel de las asociaciones nacionales y europeas trabajando en común, aunque claramente insuficientes, el incremento de ayudas, colaboraciones y becas europeas y nacionales que impulsan la investigación de estos productos y sirven de apoyo a las empresas del sector y centros de investigación en sus altas inversiones de recursos en el desarrollo de nuevos productos y la creciente demanda en el campo y del consumidor final de este tipo de productos, aseguran el desarrollo del sector en los próximos años.

Los bioestimulantes no son sólo el futuro, sino que son una realidad del presente que, a base de demostrar su eficacia y buenos resultados, se han hecho un hueco como un insumo necesario en el sector agrícola nacional e internacional.

Sobre AEFA

AEFA (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes) es una asociación sin ánimo de lucro integrada por fabricantes de Agronutrientes y Bioestimulantes Agrícolas, con sede e implantación en el territorio español, que trabaja para contribuir eficazmente en el desarrollo y expansión del sector agrícola.

AEFA agrupa más de 50 empresas españolas con una facturación global de productos agronutrientes especiales superior a los 530 millones de euros y con un mercado carácter exportador, estando presentes en más de 100 países y con una importante contribución en que Europa sea líder en el desarrollo y fabricación de productos bioestimulantes.

Las empresas asociadas de AEFA asumen el reto de prestar su apoyo a la nutrición vegetal, actuar con total transparencia ante el agricultor, informarle y colaborar en la mejora y rentabilidad de su producción, así como fabricar productos eficaces y de calidad para conseguir cultivos sanos y productivos. Estos productos, incluyen abonos CE y nacionales, agronutrientes especiales, y bioestimulantes de las plantas (incluidos los microorganismos). Sus asociados, conscientes de la importancia del compromiso con el medioambiente y la sostenibilidad prestan especial relevancia a la agricultura ecológica en sus catálogos, así como a la producción integrada y el cuidado de cultivos menores, velando por la salud humana y la protección del ecosistema.

Cabe destacar, el fuerte impulso en I+D+i+t de las empresas de la asociación, el fomento de la investigación y el desarrollo e innovación de nuevos productos, destinando a ello entre el 5-10% del volumen de facturación. Además, contribuye con la creación de un empleo cualificado y de calidad en el sector, con más del 40% del personal de las empresas de titulados universitarios (químicos, biólogos, ing. agrónomos e ing. agrícolas, así como licenciados en economía y gestión de empresas). Igualmente, importante es la divulgación y transmisión tecnológica de las empresas de AEFA en el sector agrícola, con una amplia plantilla de ingenieros y técnicos agrícolas dedicados a labores de asesoramiento y divulgación técnica al servicio de agricultores y demás técnicos de campo.

AEFA trabaja para crear un marco legal apropiado a los fertilizantes y bioestimulantes de las plantas, participando activamente en todos los foros de normativa y legislación y manteniendo constante relación con asociaciones afines, organizaciones agrarias y administración, teniendo como objetivo principal, ser la voz del sector de la agronutrición. Todo ello, fomentando la colaboración y el networking entre socios, transmitiendo los valores de la asociación y asumiendo el liderazgo nacional en Agronutrición y Bioestimulantes agrícolas

Bibliografía

- Du Jardin *et al.* "How do plant biostimulants work? Claims and mechanisms of plant biostimulation" Pr. Patrick du Jardin, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège. Comunicación Oral: 40º jornadas de productos fitosanitarios, Instituto Químico de Sarriá (IQS). 2019
- Giovanni Povero, Juan F. Mejia, Donata Di Tommaso, Alberto Piaggese and Prem Warrior: "A Systematic Approach to Discover and Characterize Natural Plant Biostimulants". April 2016. *Frontiers in Plant Science*
- Du Jardin *et al.*, 2015: Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. Volume 196, 30 November 2015, Pages 3-14
- Wajahatullah Khan, Usha P. Rayirath, Sowmyalakshmi Subramanian, Mundaya N. Jithesh, Prasanth Rayorath, D. Mark Hodges, Alan T. Critchley, James S. Craigie, Jeff Norrie & Balakrishan Prithiviraj. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Plant Growth Reg.*, 2009
- Market Date Forecast, Market and Markets and Dunham Trimmer) DunhamTrimmer Global Biostimulant Report.
- Comunicación Oral IV Jornada científico-técnica: mecanismos de acción de los bioestimulantes para la producción vegetal
- Belén Martínez-Alcántara y Ana Quiñones. Principales bioestimulantes y efectos en el cultivo de los cítricos
- Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) n 1069/2009 y (CE) n 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) n 2003/2003
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

LA REVOLUCIÓN BIOLÓGICA CONTRA LOS HONGOS FITOPATÓGENOS DE SUELO



BIOFUNGICIDA PREVENTIVO

PRORADIX®

Pseudomonas sp. (cepa DSMZ 13134)

TRATAMIENTO
QUÍMICO



PRORADIX®



pH
4,2
pH ÁCIDO

BIOESTIMULANTE
ORGÁNICO NATURAL
SIN TRATAMIENTO
QUÍMICO

TARAVERT KING KONG®

Bioestimulante 4.0

Multiplica la población de pseudomonas en el suelo y **potencia** todos los efectos positivos de Proradix®.



+



¡Mira nuestros
casos de éxito y
encontrar!



www.antoniotarazona.com

2.9. Pasado, presente y futuro de la sanidad vegetal

Carlos Palomar Peñalba

<mailto:cgracia@dmta.upv.es> comunicacion@aepla.es

AEPLA

Índice

1. La sanidad vegetal pasa por ser un instrumento básico para garantizar la salud de las plantas, como ocurre con el papel de la medicina para las personas
2. El apoyo que ofrece la sanidad vegetal al desarrollo de la agricultura es indispensable para avanzar hacia la erradicación de la pobreza a nivel global
3. Productos fitosanitarios: el largo (y seguro) camino desde el laboratorio al campo
4. El sector de la sanidad vegetal representa un claro ejemplo de compromiso por la innovación constante y la mejora de la sostenibilidad en la agricultura
5. La apuesta por la innovación en sanidad vegetal es imprescindible para anticiparnos con éxito a aquellas amenazas que pueden afectar a nuestra agricultura
6. La sanidad vegetal no solo es esencial para mejorar la productividad de los cultivos. También es fundamental para afrontar nuestros retos como sociedad
7. La sanidad vegetal es indispensable para conseguir una reducción drástica de daños en las cosechas y, por tanto, en un menor desperdicio alimentario
8. Puedes tener la mayor tranquilidad del mundo en relación a los alimentos que consumes. La seguridad de nuestra alimentación está totalmente garantizada
9. Estrategias ‘De la Granja a la Mesa’ y ‘Biodiversidad 2030’. Sanidad vegetal, pieza necesaria en el tablero agrícola europeo
10. Mirando al futuro: Compromisos 2030 de la industria fitosanitaria europea para el futuro de la agricultura

Resumen

El año 2020 nos ha demostrado, de nuevo, la importancia esencial de nuestra agricultura, y la necesidad de apoyarla con todos los medios a nuestro alcance. Aunque será recordado por todos por la pandemia generada por la Covid-19 y sus trágicos efectos tanto a nivel sanitario como económico y social, lo vivido durante 2020 nos ha servido también para darnos cuenta del

protagonismo esencial que sigue teniendo la agricultura para nuestro bienestar y calidad de vida.

Aunque vivimos en plena 'era tecnológica' y las telecomunicaciones son una parte indispensable para el desarrollo de nuestro día a día, una actividad milenaria ha vuelto a emerger de esa posición secundaria en la que, de una forma casi inconsciente, se le había situado durante estas últimas décadas, para demostrar su implicación con la sociedad de la que forma parte, así como su capacidad para que el resto de la población podamos disfrutar diariamente de alimentos básicos en cualquier punto de venta de nuestro territorio, incluso en los peores momentos.

Aunque parezca que es volver la vista a algo que ocurrió hace demasiado tiempo, 2020 comenzaba con la protesta del sector agrícola para que fueran escuchadas sus reivindicaciones. Aun así, nuestro sector agrícola puso de manifiesto su madurez y responsabilidad al dejar a un lado sus movilizaciones para aunar esfuerzos en la lucha que todos estamos librando contra los efectos de esta maldita pandemia, asumiendo en primera persona los riesgos asociados a seguir trabajando, día tras día, mientras el resto de la sociedad nos veíamos obligados a confinarnos para garantizar nuestra protección y reducir el riesgo de contagio.

Esta actitud no hace más que reafirmarnos en lo tremendamente orgullosos que nos sentimos de todas y cada una de las personas y entidades que conforman nuestro sector agrícola, y en la necesidad de hacer todo lo posible para potenciar y defender nuestra agricultura con todos los medios que tenemos a nuestro alcance.

Es aquí donde desde la industria fitosanitaria consideramos que la forma más adecuada de proteger el futuro de nuestra agricultura es mediante aquello que mejor sabemos hacer, como es seguir investigando e innovando cada día para dotarla de soluciones efectivas, seguras y sostenibles para la protección de sus cultivos.

La búsqueda de soluciones válidas, seguras y sostenibles para los cultivos no es una preocupación nueva o sujeta a modas recientes. Garantizar la salud de una cosecha es algo tan antiguo como la propia agricultura. Ya en tiempos de los sumerios el azufre era una herramienta utilizada para el control de los insectos, como hacían igualmente lo griegos y romanos con el aceite, las cenizas y otras sustancias para controlar las plagas. Así ha sido en todas las etapas de la humanidad hasta la llegada en el siglo XX del desarrollo de productos sintéticos, incrementando notablemente la productividad de los cultivos. Durante las décadas posteriores y hasta nuestros días, los avances científicos han desarrollado diferentes soluciones dirigidas todas ellas a contribuir a una agricultura más productiva y sostenible.

La agricultura constituye un sector clave para nuestra economía que debe enfrentarse en los próximos años a importantes desafíos. Se desarrolla en un mercado globalizado y bajo un marco normativo complejo que exigirán aumentar la productividad y competitividad de manera sostenible, respondiendo a las demandas de una sociedad preocupada por el cambio climático y la escasez de recursos naturales.

El futuro del sector agrícola pasa por la construcción de una estrategia que coordine y oriente el esfuerzo y la actuación de los principales agentes e instituciones hacia un mismo objetivo: la sostenibilidad económica, social y medioambiental del sector. Por esa razón, AEPLA promovió en 2019 el estudio '*El futuro del sector agrícola español*', desarrollado por PwC, cuyo objetivo es

identificar los retos y oportunidades a los que se enfrentará la agricultura española y reflexionar sobre la mejor estrategia a seguir.

El mundo experimentará una transformación sin precedentes en las próximas décadas, motivada por megatendencias globales de carácter macroeconómico y geoestratégico. Los cambios demográficos, los cambios en los poderes económicos mundiales, el progreso de la urbanización, la revolución tecnológica o la escasez de recursos y el cambio climático, están teniendo un profundo impacto ya hoy en día y van a ser la fuente de los principales retos a los que se va a enfrentar el sector agrícola español en el futuro. En este periodo retador de grandes oportunidades, pero también de amenazas relevantes, se requerirá un profundo esfuerzo conjunto y continuado de los diferentes agentes e instituciones del sector, para establecer objetivos comunes, alinear estrategias de actuación y activar palancas de actuación basadas en la innovación, la apuesta por las nuevas tecnologías, la diferenciación, la profesionalización y la orientación hacia el exterior.

Las cifras que recoge el informe, apuntan a un potencial incremento de la producción agrícola del 11,9% en 2050 y un impacto económico acumulado de unos 73.501M€ (2019-2050). Y la sanidad vegetal juega y jugará un papel esencial para garantizar el mejor futuro de nuestra agricultura.

1. La sanidad vegetal pasa por ser un instrumento básico para garantizar la salud de las plantas, como ocurre con el papel de la medicina para las personas

Cuando se hace referencia a la estrecha relación existente entre la sanidad vegetal y la agricultura, existe una cierta corriente de opinión que se muestra, en mayor o menor medida, crítica con la 'simbiosis' casi perfecta que caracteriza el funcionamiento de estos dos ámbitos, como elementos básicos para que todos los que formamos parte de la sociedad podamos disfrutar cada día de unos alimentos de mayor calidad, más seguros y sostenibles.

En este sentido, desde AEPLA siempre hemos considerado como uno de nuestros pilares básicos transmitir que el papel de la sanidad vegetal o la industria fitosanitaria, tanto en la agricultura como a nivel paisajístico urbano o forestal, debe ser entendido como el que lleva a cabo la medicina o el sector sanitario para el cuidado de las personas. Dicho de otro modo, al igual que no es recomendable optar por el desarrollo de prácticas de automedicación, no es conveniente poner en marcha tratamientos fitosanitarios en cultivos sin el correspondiente asesoramiento de aquellas personas que cuentan con la capacitación y experiencia que aporta la certificación de aplicador, y, en caso de que se cuente con su visto bueno, será preciso respetar escrupulosamente las indicaciones y advertencias que la empresa fabricante de cada producto muestra en su envase, con el fin de garantizar en todo momento no solo la protección y seguridad de quien los manipula sino también de los cultivos en los que se aplica y, al mismo tiempo, del entorno en su conjunto.

Nuestro objetivo prioritario es difundir lo más posible aquellas buenas prácticas agrícolas que pueden contribuir activamente a favorecer la salud de los cultivos y demás especies vegetales, como medidas previas para ajustar el uso de productos y tratamientos fitosanitarios a aquellos casos en los que, debido a la presencia de una plaga, enfermedad o mala hierba, es

imprescindible su utilización efectiva. La sanidad vegetal, como la humana, comienza con la prevención, continua con la vigilancia y termina, si es necesario, con la aplicación de técnicas y tratamientos de curación.

2. El apoyo que ofrece la sanidad vegetal al desarrollo de la agricultura es indispensable para avanzar hacia la erradicación de la pobreza a nivel global

El hecho de disfrutar actualmente de un considerable desarrollo en todos los ámbitos, no debe hacernos olvidar que todavía no se ha alcanzado un nivel de bienestar similar para todas las personas que formamos parte de esta sociedad a nivel global.

A partir de esta realidad, la agricultura, como actividad dedicada al tratamiento, cuidado y mantenimiento en el tiempo de cultivos vegetales, es una de las actividades humanas que más puede contribuir al cumplimiento de los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* aprobados por las Naciones Unidas y que tienen como horizonte el año 2030, y muy especialmente a aquellos relacionados con la consecución de la erradicación de la pobreza, mediante el desarrollo de medidas que contribuyan a una mayor accesibilidad al abastecimiento y seguridad alimentaria y la satisfacción plena de las necesidades nutricionales de la población.

Pero, para alcanzar estos objetivos, es indispensable que el sector agrícola pueda apoyarse en aquellas actividades que, como en el caso de la sanidad vegetal, le permiten disponer de los insumos y recursos necesarios para hacer frente a las adversidades que se puedan presentar y favorecer el desarrollo de las cosechas en las condiciones más óptimas posibles.

Hacer todo lo que esté en nuestra mano para dotar a la agricultura de los mecanismos más adecuados para hacer frente a las plagas y enfermedades que pueden afectar a sus cultivos no debe entenderse como una medida dirigida únicamente al incremento de la rentabilidad de las explotaciones agrícolas, sino también como una de las principales herramientas que se pueden llevar a cabo para garantizar un mejor acceso de la población a alimentos saludables, seguros y asequibles para todos.

3. Productos fitosanitarios: el largo (y seguro) camino desde el laboratorio al campo

Los productos fitosanitarios son el resultado de un extraordinario esfuerzo en I+D+i, que se prolonga durante un plazo medio de 11 años, desde que se comienza con la realización de las primeras pruebas hasta su comercialización definitiva. Durante este periodo de intensa investigación y desarrollo, en el que la inversión media para cada producto se encuentra en torno a los 255 millones de euros (o, si se prefiere, 287 millones de dólares), se realizan más de 120 ensayos científicos, para evaluar el comportamiento de dicho producto fitosanitario ante diferentes escenarios, desde los más habituales a los que se tendrá que enfrentar hasta aquellos relacionados con condiciones extremas. De hecho, aunque pueda resultar sorprendente, únicamente una de cada 140.000 moléculas activas susceptibles de favorecer la protección de una especie vegetal frente a enfermedades y amenazas externas acaba realizando con éxito el largo camino que discurre desde el laboratorio hasta el campo.

4. El sector de la sanidad vegetal representa un claro ejemplo de compromiso por la innovación constante y la mejora de la sostenibilidad en la agricultura

En los últimos años se ha producido un avance exponencial en la investigación y desarrollo de soluciones útiles para evitar, o al menos paliar, los daños provocados en los cultivos por plagas, enfermedades y malas hierbas, favoreciendo un espectacular progreso de nuestra agricultura. No obstante, aunque es reconfortante echar la vista atrás para observar todo lo que se ha avanzado en este sentido, no podemos detenernos y creer que todo está conseguido, ya que aún queda mucho camino por recorrer.

Si bien los esfuerzos en innovación desarrollados en el ámbito de la sanidad vegetal están dotando a los agricultores de los recursos necesarios para hacer frente a las amenazas que afectan actualmente a sus cosechas, estamos expuestos a la aparición de nuevas plagas y enfermedades, muchas de las cuales encuentran en la globalización y la creciente movilidad internacional un más que considerable medio de transmisión, sobre las que es necesario seguir investigando y generando nuevas soluciones, adaptadas a aquellas características y propiedades diferenciales que las hacen tan dañinas para nuestros cultivos. Y no solo eso. El esfuerzo en inversión en sanidad vegetal que viene desarrollando la industria fitosanitaria durante las últimas décadas también está orientado, como no podría ser de otra manera, a la consecución de soluciones cada vez más sostenibles e inocuas para las personas responsables de su aplicación y el entorno en el que serán empleadas si se produce un escenario que justifique su utilización.

A partir de estos dos pilares básicos de la innovación en sanidad vegetal, como son la innovación y la sostenibilidad, resulta indispensable que las diferentes instituciones competentes en este sentido en el ámbito de la Unión Europea tomen las medidas necesarias para establecer un marco regulatorio estable, en el que podamos seguir trabajando en el desarrollo de estos avances, sin el temor de que las 'reglas del juego' puedan verse modificadas de forma drástica y, lo que quizás puede resultar más grave, debido a la inclusión de intereses políticos, alejados de cualquier criterio científico contrastado.

5. La apuesta por la innovación en sanidad vegetal es imprescindible para anticiparnos con éxito a aquellas amenazas que pueden afectar a nuestra agricultura

A día de hoy, la ciencia nos brinda una serie de medidas preventivas y tratamientos cuya finalidad esencial es reducir el riesgo de que las plagas y enfermedades que actualmente se conocen puedan afectar a tu producción agrícola, o dirigidos a actuar de una forma efectiva en el caso de que, a pesar de tus precauciones, estas se produzcan.

No obstante, si bien los mecanismos y alternativas de sanidad vegetal con los que contamos actualmente prestan una inestimable labor en este sentido, sería un error creer que todo está hecho y dejar a un lado la necesidad de seguir avanzando, día a día, en la investigación y desarrollo de soluciones mucho más efectivas y sostenibles para hacer frente a estas amenazas.

Hay que tener presente que los múltiples enemigos a los que debe enfrentarse la sanidad vegetal son, en su práctica totalidad, organismos vivos susceptibles con una elevada capacidad

de adaptación y mutación genética a las medidas de protección disponibles, por lo que es más que previsible que aquellas soluciones que son perfectamente válidas hoy vayan reduciendo su efectividad con el paso del tiempo. Del mismo modo, no debemos obviar una realidad inherente a nuestro tiempo, como es el hecho de que nos encontramos en un mundo cada vez más 'próximo' y globalizado, en el que aquellas amenazas que actualmente se encuentran a miles de kilómetros de distancia pueden llegar, desgraciadamente, a nuestro territorio en cuestión de días.

Por tanto, no solo es básico tomar todas aquellas medidas que están a nuestro alcance para garantizar la sanidad vegetal de nuestra agricultura frente a los peligros que le acechan en la actualidad, sino también seguir avanzando, con paso firme y decidido, en la creación de un escenario que favorezca la inversión en investigación, desarrollo e innovación de soluciones frente a aquellos peligros que, previsiblemente, nos afectarán a corto y medio plazo. Solamente desde esta perspectiva proactiva, capaz de anticiparse a los problemas que pueden afectar a nuestra agricultura, estaremos desarrollando un comportamiento responsable para garantizar como debemos nuestro bienestar y calidad de vida en todos los ámbitos de nuestra sociedad.

6. La sanidad vegetal no solo es esencial para mejorar la productividad de los cultivos. También es fundamental para afrontar nuestros retos como sociedad

Que 2020 fuera designado *Año Internacional de la Sanidad Vegetal* supuso una excelente oportunidad para reflexionar sobre todo lo que las medidas de prevención y tratamiento de la salud de las plantas pueden aportar a nuestra sociedad. En este sentido, es preciso comenzar reconociendo que el desarrollo de actuaciones dirigidas a la gestión integrada de plagas o la aplicación de tratamientos fitosanitarios para hacer frente a enfermedades y otras amenazas en cultivos, áreas verdes urbanas y zonas forestales se suele asociar, erróneamente, de forma exclusiva a la búsqueda de una mayor productividad y a un aumento de la rentabilidad, sobre todo en el caso de las explotaciones agrícolas.

Sin embargo, limitar el inmenso valor de la sanidad vegetal únicamente a este aspecto sería no reconocer su carácter imprescindible y esencial para abordar los retos presentes y futuros a los que se enfrenta actualmente y deberá hacer frente nuestra sociedad en los próximos años.

La FAO considera primordial avanzar hacia la disponibilidad de un suministro suficiente y sostenible de alimentos para garantizar la seguridad alimentaria de la población a nivel global. Teniendo en cuenta que alrededor de un 40% de la producción mundial de alimentos se pierde anualmente por los daños ocasionados por plagas y enfermedades en los cultivos, en la medida en que se pongan en práctica aquellas actuaciones que consigan reducir, o incluso evitar, estas pérdidas en las cosechas, se estará contribuyendo decididamente en la mejora de su seguridad alimentaria, sobre todo en aquellos países o comunidades en los que la población dispone de menos recursos.

Favorecer la accesibilidad de la población a un mejor abastecimiento de alimentos, en términos cuantitativos y cualitativos, es un factor imprescindible para disminuir las bolsas de pobreza que, por desgracia, todavía existen en nuestro planeta. En este sentido, no solo por el hecho de que la agricultura es un sector básico como proveedor de alimentos sino también por su papel, como

veremos más adelante, como generador de empleo y de oportunidades de desarrollo, sobre todo en las áreas rurales y más desfavorecidas.

En este punto, es preciso recordar, que los daños provocados por plagas y enfermedades no son una amenaza exclusiva para aquellas especies vegetales que se emplean en la actividad agrícola, sino para la biodiversidad global en su conjunto. Al prevenir la dispersión de plagas de plantas en nuevas áreas, las soluciones fitosanitarias están ayudando a preservar la variedad y el equilibrio natural de especies dentro de cada ecosistema. Es aquí donde la prevención adquiere un protagonismo indispensable para reducir lo más posible el uso de aquellos productos que pueden afectar a las abejas y otros polinizadores, esenciales para el mantenimiento óptimo de este equilibrio.

Además, las actividades agrícolas y comerciales relacionadas con las plantas son un elemento de desarrollo económico y social a nivel local, nacional e internacional, básico sobre todo para aquellos países en los que la agricultura y gestión forestal es un potenciador clave de su progreso. Según la FAO, casi la mitad de la población mundial depende principalmente de la agricultura para obtener ingresos, y los países de ingresos bajos y medios representan aproximadamente un tercio del comercio mundial de alimentos y productos agrícolas. Por eso, es fundamental establecer unos estándares internacionales de sanidad vegetal, basados estrictamente en criterios objetivos y científicos, que ayuden a prevenir la dispersión de plagas y, de igual forma, contribuyan activamente a la consecución óptima de los objetivos globales de nuestra sociedad.

7. La sanidad vegetal es indispensable para conseguir una reducción drástica de daños en las cosechas y, por tanto, en un menor desperdicio alimentario

No cabe duda de que el incremento de la productividad es uno de los factores que mejor justifica el uso de soluciones fitosanitarias. Pero para comprender toda su dimensión no debe olvidarse que, como en cualquier otra actividad, este se consigue a través de la consecución de dos vertientes diferenciadas, como son el incremento de la producción agrícola y la reducción de los daños y pérdidas provocados por plagas y enfermedades.

Si tenemos en cuenta que, como afirma la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el 40% de la producción agrícola se pierde anualmente a consecuencia de la acción directa de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos, y que sin la sanidad vegetal estas pérdidas podrían llegar a duplicarse, podemos hacernos fácilmente una idea de la dimensión de la amenaza a la que se enfrenta no solo el sector agrícola sino nuestra sociedad en su conjunto, tanto en términos de generación de empleo, directo o indirecto, como en relación a otros aspectos no relacionados con la terminología empresarial y sí con nuestra calidad de vida y bienestar como la necesidad de garantizar un adecuado flujo de abastecimiento de productos agrícolas en unas condiciones óptimas de accesibilidad y seguridad alimentaria.

Asimismo, si a estos aspectos le añadimos los efectos nocivos que el desperdicio alimentario tienen para nuestro entorno, como es la emisión de gases de efecto invernadero que se genera a partir de los productos agrícolas dañados en descomposición, y que según numerosos estudios son los responsables de un 10% de las emisiones anuales de este tipo, es cuando, más allá de

informaciones sesgadas, parciales y basadas en medias verdades, se puede comenzar a entender todo lo que implica apostar por la sanidad vegetal como ‘acompañante indispensable’ para garantizar el futuro de nuestra agricultura y, por qué no decirlo, de nuestro bienestar y progreso social a todos los niveles.

8. Puedes tener la mayor tranquilidad del mundo en relación a los alimentos que consumes. La seguridad de nuestra alimentación está totalmente garantizada

En palabras de Bernhard Url, Director de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria, *“la gente suele pensar que los alimentos de hoy no son iguales a los de nuestros abuelos, y lleva razón. Son muchísimos mejores”*. Y así es. Por ello, resulta especialmente llamativa la existencia de ciertas corrientes de desinformación, bulos, leyendas urbanas o fake news (en realidad da igual el nombre que reciban) acerca de la seguridad de los alimentos que consumimos y su repercusión sobre nuestra salud.

De hecho, su presencia es aún más injustificada cuando nos encontramos, sin ninguna duda, en el periodo de la historia en el que mayor control y supervisión se ejerce sobre la calidad y salubridad de los productos de alimentación que se producen, distribuyen, adquieren y consumen cada día en el ámbito de la Unión Europea. La seguridad de los alimentos que consumimos y que han sido protegidos con productos fitosanitarios está garantizada tanto por la investigación de las compañías que permiten el desarrollo de productos cada vez más eficaces y seguros, como por los estrictos controles de evaluación que deben superar para ser autorizados, y que son responsabilidad de las Administraciones competentes.

Todos aquellos que residimos en el territorio de la Unión Europea podemos contar con la tranquilidad de que los protocolos de seguridad alimentaria establecidos por las autoridades competentes a nivel nacional y supranacional han sido reconocidos como los más estrictos y avanzados del mundo.

Desde todas estas instituciones, y en especial desde la *Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)*, se lleva a cabo un importante trabajo para garantizar que disfrutemos cada día de alimentos sobre los que no exista ninguna sombra de duda, salvo la de aquellos que solo persiguen generar incertidumbre donde no la hay.

La Unión Europea cuenta con una estricta y clara legislación en lo referente al desarrollo, producción y comercialización de soluciones fitosanitarias, así como en relación a su uso sostenible tanto en la agricultura como en otros ámbitos, como las áreas verdes urbanas o forestales, en los que la premisa fundamental es el desarrollo de la Gestión Integrada de Plagas (GIP), reconociendo la necesidad de emplear sustancias de origen natural o químico para hacer frente a aquellas plagas y enfermedades cuya presencia suponga una amenaza para los cultivos europeos. A partir de este reconocimiento, se desarrolla toda una serie de normativas relacionadas con los estándares a seguir para su almacenamiento, conservación y utilización de una forma óptima y segura en todos los sentidos.

La *Dirección General de Salud y Seguridad Alimentaria* de la Comisión Europea realiza todo tipo de inspecciones, análisis y auditorías dirigidas a garantizar la seguridad alimentaria en el ámbito de la Unión Europea, en relación al empleo adecuado de aquellos instrumentos relacionados

con la sanidad vegetal de los cultivos y la calidad de los productos agrícolas destinados a nuestra alimentación. Como muestra de este ingente esfuerzo, cada año se lleva a cabo el análisis de alrededor de 67.000 muestras de alimentos, seleccionados de forma aleatoria para detectar la posible presencia de incidencias o malas praxis.

La Unión Europea cuenta actualmente con los estándares de seguridad alimentaria más exigentes del mundo, que se materializan en el funcionamiento de su *Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF)*, una herramienta clave para el desarrollo y gestión correcta de los flujos de información en este ámbito. Del mismo modo, desarrolla y supervisa la aplicación de normas dirigidas a que los consumidores europeos dispongan, en el etiquetado de los alimentos, de una información completa sobre el contenido y composición de los productos alimenticios, como premisa para garantizar su derecho a una información veraz y una alimentación segura.

9. Estrategias ‘De la Granja a la Mesa’ y ‘Biodiversidad 2030’. Sanidad vegetal, pieza necesaria en el tablero agrícola europeo

La Comisión Europea (CE) presentaba en primavera sus estrategias ‘*De la granja a la mesa*’ (también conocida como *Farm2Fork*) y de ‘*Biodiversidad 2030*’, sobre las que pretende sustentar el futuro de la agricultura y la industria agroalimentaria comunitaria en los próximos años. Si bien no se trata de un texto legislativo con una fecha establecida para su aplicación efectiva en el conjunto de la cadena de producción agroalimentaria de la Unión Europea, sino de un compendio de propuestas sobre las que comenzar a trabajar hasta la aprobación de un acuerdo común, son varios los aspectos reflejados en ella que merecen de una considerable reflexión.

En primer lugar, se echa en falta un sólido estudio de impacto sobre los principales objetivos y las medidas incorporadas en las mismas, de manera que se puedan entender las consecuencias ambientales, las implicaciones socioeconómicas y los beneficios potenciales que representan. Dicha evaluación de impacto debería basarse en datos transparentes y tener en cuenta los últimos conocimientos científicos, lo que permitiría establecer unos objetivos realistas que respondan a criterios racionales y sustentados en el mejor conocimiento científico. Precisamente, viene a remarcar estos aspectos el reciente informe de impacto de las mencionadas Estrategias, realizado por el Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA), cuyos alarmantes resultados reflejan una caída del 12% de la producción agrícola y un descenso del 16% de los ingresos brutos de las explotaciones agropecuarias, además de un aumento del 2% de las importaciones y una disminución del 20% en las exportaciones de alimentos.

Algunas medidas propuestas por la CE pasan por la reducción de fitosanitarios en la agricultura en los próximos años, limitar el uso de fertilizantes, disminuir las ventas de antimicrobianos para animales de granja y de acuicultura, e impulsar el desarrollo de los cultivos ecológicos en la UE con el fin de que, en 2030, el 25 % de todas las tierras de cultivo se dediquen a la agricultura ecológica.

Desde Aepla, valoramos positivamente el interés de la CE por la optimización del modelo agrícola europeo. Sin embargo, creemos que con objetivos como los señalados, nuestras autoridades comunitarias parecen olvidar la rigurosidad de la regulación de fitosanitarios en la

UE en materia de seguridad, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. De hecho, los actuales productos fitosanitarios homologados que se encuentran en el mercado superan un proceso de I+D+i que se prolonga durante un plazo medio de 11 años, desde que se comienza con la realización de las primeras pruebas hasta su comercialización definitiva.

Antes recordábamos que hasta un 40% de los cultivos se pierde debido a plagas, malas hierbas y enfermedades cada año. Cifra que se duplicaría sin el empleo responsable de productos fitosanitarios. No se puede entender el protagonismo de la sanidad vegetal como elemento básico para el futuro de la agricultura sin tener en cuenta la necesaria aportación que se lleva a cabo a través de la apuesta decidida por la innovación y mejora continua en el ámbito de los productos fitosanitarios. Invertir en nuevas soluciones de sanidad vegetal podría generar sustanciales aumentos en la producción y un impacto económico acumulado desde ahora hasta 2050 de 73.501 millones de euros, siempre que vengan acompañadas de la seguridad jurídica y el marco normativo ágil que lo haga posible.

Un sector de protección de cultivos reforzado debería ser un elemento clave si se quiere lograr el éxito en la implementación de las Estrategias. El sector está en disposición de ofrecer soluciones y propuestas de valor en las que venimos trabajando desde hace tiempo, motivados por nuestra vocación de lograr que el sistema productivo sea más sostenible. Por estos motivos queremos ser un socio prioritario en el momento de debatir e implementar las estrategias que forman parte del ‘pacto verde’.

La innovación debe ser parte fundamental de la solución. Las organizaciones de AEPLA, dedicadas a la sanidad vegetal, continuarán invirtiendo en la protección de cultivos, desarrollando innovadoras soluciones (tanto fitosanitarios de síntesis como biológicos) cumpliendo con los más elevados y exigentes estándares de seguridad humana y medioambiental y con herramientas de agricultura digital y de precisión para reducir el volumen de producto necesario para controlar las enfermedades y plagas y mediante la mejora genética vegetal, todas estas serán herramientas fundamentales para que la agricultura europea pueda ser el referente mundial para una producción agrícola sostenible. Estimamos que la inversión del sector en I+D en España para los próximos 30 años alcanzará la cifra de 1.950 millones de euros.

Pero volviendo al objetivo de reducción para los productos fitosanitarios planteado, consideramos muy grave que la Estrategia ignore por completo el análisis de la propia Comisión sobre la legislación sobre productos fitosanitarios. El 20 de mayo de 2020 se publicó el informe de evaluación de la Comisión sobre la normativa relativa a los productos fitosanitarios y los residuos, que establece claramente que el Reglamento cumple su propósito y es efectivo para proteger la salud humana y el medio ambiente. Así, la Estrategia ‘*De la Granja a la Mesa*’ demuestra no tener confianza en la forma en que se autorizan y aprueban los productos fitosanitarios (analizando, evaluando y gestionando los riesgos mediante un marco regulatorio muy meticuloso y exigente, basado en fundamentos científicos).

Sería además importante conocer cómo se implementaría dicho objetivo de reducción. No todos los cultivos son iguales, ni todos los Estados Miembros tienen que controlar el mismo tipo de plagas y enfermedades, tampoco todos los Estados Miembros parten de la misma situación (por ejemplo, en el grado de implementación de los Planes de Acción Nacional de la Directiva de Uso

Sostenible). Creemos que deben tenerse en cuenta las características y la situación de partida de la agricultura en cada Estado miembro a la hora de implementar los objetivos. En definitiva, flexibilidad nacional en relación al objetivo y a los tiempos.

Tanto los productos fitosanitarios químicos de síntesis o de origen natural como los biológicos, son equivalentes a las medicinas para las plantas. Todos ellos se aprueban según el Reglamento (CE) 1107/2009. Por esta razón, un enfoque contra las soluciones químicas exclusivamente es erróneo. Los productos fitosanitarios, como parte de la Gestión Integrada de Plagas, obligatoria en la gran mayoría de las explotaciones, se consideran una herramienta necesaria pero como 'último recurso', cuando otros métodos no dan el resultado deseado y se expone a un riesgo inaceptable el cultivo. Por tanto, creemos que medir la implementación de la Gestión Integrada de Plagas como herramienta obligatoria en la UE y su impacto, sería una línea de actuación muy positiva.

Entre otras medidas a valorar, estaría el establecer un marco regulatorio apropiado que permita acelerar la aprobación de nuevas soluciones, incluidos productos fitosanitarios con menor impacto, como el caso de las sustancias de bajo riesgo o las biosoluciones, o el incluir nuevas medidas de mitigación del riesgo y tecnologías de precisión en las evaluaciones de riesgo y autorizaciones de productos, realizando una mayor concreción en el etiquetado.

Establecer exenciones de uso de áreas para los drones, bajo la Directiva de Uso Sostenible y considerarlo como aplicación terrestre, o incorporar y aceptar herramientas agrícolas digitales como una forma de cumplir con la presentación de informes, documentación y requisitos de la administración pública serían otras de las líneas de trabajo a tener en cuenta, así como garantizar una adecuada formación para la obtención de los carnés de manipulador, incluyendo las medidas de protección de las aguas o la inspección de maquinaria, pues faltan normas europeas armonizadas para la acreditación de las estaciones de inspección y auditores independientes que verifiquen el cumplimiento de la estación y del personal.

La protección y promoción de la biodiversidad ha sido, es y será una prioridad para nuestro sector. Los proyectos en materia de buenas prácticas agrícolas desarrollados por la industria en la última década hablan de nuestro compromiso. Por esa razón, creemos que son muchas las medidas que deberían ser valoradas por parte de las autoridades para alcanzar los objetivos planteados. Entre ellas, una adecuada aplicación de los avances en tecnología agrícola en materia fitosanitaria, biotecnológica, tratamiento de semillas, digitalización y precisión. La adecuada combinación de estos elementos en función de la situación individual de cada explotación agrícola permitiría una maximización de la productividad a la vez de una optimización de uso de recursos (insumos, agua, suelo...) y una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, conceptos como agricultura de conservación y técnicas de aplicación de productos fitosanitarios (boquillas de baja deriva, sistemas de gestión de efluentes o bandas de protección entre otros) refuerzan la sostenibilidad de la producción agraria.

El establecimiento de bandas florales que pueden ofrecer hábitats adicionales para aves, reptiles, anfibios y de alimento para polinizadores, cubiertas vegetales (nicho ecológico de fauna auxiliar y protección de las aguas por la escorrentía), hoteles de insectos (refugio de abejas solitarias, mariquitas y otra serie de insectos en general) o setos en límites de cultivo (refugio para distinta fauna, de distintas especies vegetales que florecen en distintos momentos y así

promueven la polinización) entre otras, son medidas que desde la industria fitosanitaria venimos proponiendo e incentivando para garantizar una adecuada protección y promoción de la biodiversidad.

En resumen, desde nuestro punto de vista, esta nueva estrategia agroalimentaria se asienta sobre un error de concepto que afecta al resto de su planteamiento, y no que no es otro que el hecho de considerar que la única forma de actuar contra los efectos del cambio climático reside en redefinir radicalmente el futuro del sector agrícola tal y como lo conocemos hasta hoy, hasta el punto de llegar a comprometer su viabilidad real. *El futuro del sector agroalimentario europeo requiere de la definición de nuevas soluciones, no de detenernos para plantear la demolición de sus cimientos.* Por todo ello, desde Aepla, como ocurre desde muchos otros ámbitos representativos del sector agrícola en nuestro país, reclamamos a las autoridades europeas que se siga considerando al sector fitosanitario y de la sanidad vegetal como un socio necesario para implementar la nueva estrategia agrosanitaria en el conjunto de la Unión Europea, y siempre tomando como referencia únicamente criterios racionales y basados en la ciencia, ajenos a posicionamientos subjetivos y sustentados únicamente sobre planteamientos políticos, sin ningún tipo de rigor o apoyo de la evidencia científica. La innovación agrícola y la sanidad vegetal no pueden ser consideradas nunca como un problema, sino más bien como una parte fundamental de la solución para garantizar la satisfacción de las necesidades de alimentos de la población con un consumo de recursos mucho más eficiente y sostenible.

10. Mirando al futuro: Compromisos 2030 de la industria fitosanitaria europea para el futuro de la agricultura

Con su ambicioso Pacto Verde, la Comisión Europea ha dado el pistoletazo de salida hacia un futuro más sostenible en la Unión Europea, y es nuestra intención contribuir desde nuestra posición a su desarrollo. Por esa razón, nuestras compañías se han unido para asumir voluntariamente compromisos específicos y cuantificables, con el objetivo de conseguir que la agricultura sea aún más efectiva y sostenible, impulsando una mejor y más ecológica recuperación.

Continuaremos invirtiendo en la investigación y desarrollo de soluciones de sanidad vegetal efectivas, para que los agricultores puedan combatir con éxito las amenazas generadas en sus cultivos por plagas, enfermedades y malas hierbas, reforzando nuestro compromiso con la protección del medio ambiente. Para ello, dedicaremos realizaremos una inversión de 10.000 millones de euros para favorecer la innovación en tecnologías digitales y de precisión hasta el año 2030. De igual forma, dedicaremos 4.000 millones de euros al desarrollo de proyectos de innovación en soluciones fitosanitarias biológicas durante la próxima década.

Abordaremos, como hasta ahora, el desafío de realizar una mejor gestión de los desechos plásticos generados en el sector, acelerando nuestro trabajo en la recuperación y el reciclaje de envases plásticos. En este sentido, nos hemos propuesto alcanzar una tasa media de recogida de envases plásticos del 75% en los Estados miembros de la UE para el año 2025. Asimismo, nos comprometemos a promover la implantación de un sistema normalizado de gestión de residuos plásticos en el conjunto de la Unión Europea para ese mismo año, expandiendo este programa en dos Estados miembros cada año.

Más allá de los compromisos anteriores, dedicaremos todos los medios a nuestro alcance a facilitar el acceso de agricultores y operadores a aquellas acciones y medidas orientadas a la capacitación sobre nuevas tecnologías y mejores prácticas de gestión, para contribuir a un uso más responsable de los recursos tanto en la agricultura como en el resto de eslabones de la cadena alimentaria. Para alcanzar este objetivo, de aquí al año 2030 concentraremos nuestros esfuerzos en favorecer la capacitación de 1 millón de asesores y agricultores sobre aquellas buenas prácticas de gestión orientadas a la protección de la salud en el trabajo agrícola, así como para el agua y el medio ambiente. Además, durante la próxima década fomentaremos el acceso de los agricultores y operadores europeos a sistemas CTS (Closed Transfer Systems), para reducir aún más su nivel de exposición.

Estamos de acuerdo en la dirección del viaje. Lo importante ahora es dar los pasos adecuados para alcanzar el objetivo final. Estos compromisos suponen un gran desafío para nuestras compañías, y si bien estamos comprometidos a cumplir con lo que nos hemos propuesto, pedimos a la Comisión Europea que apoye la agricultura sostenible con un marco regulatorio apropiado que fomente la innovación. Durante la próxima década trabajaremos y avanzaremos, compartiendo de manera transparente los objetivos que vayamos alcanzando en cada uno de estos ámbitos. Comenzamos.



Bioestimulantes

- Aminoácidos
- Extracto de algas
- Bioestimulantes orgánicos
- Enraizantes
- Inducción floración y cuaje
- Promotor engorde y maduración



Mejoradores de suelo

- Ácidos húmicos de leonardita
- Abono orgánico natural
- Desalinizantes



Nutrición Vegetal

- Correctores de carencias
- Abonos NPK



Especialidades



Microorganismos

- Bacterias PGPR
- Micorrizas

Marca la diferencia de t Soluciones eficaces para l

Con más de 30 años en el sector,
JISA® mantiene su compromiso de futuro
sobre calidad, transparencia ante el agricultor
y respeto por el medio ambiente.

Ponemos a su disposición un cuidado catálogo de
productos especializados en la agronutrición



@JisaNutrientes | w

Estamos por la labor.

tus cultivos a agricultura



Ascofillum
Cuajemax
Cupronato
Engormax
Fulvin
Glybet
Humilig
Jisamar
Kitasal
Tarssan Mix
Top-K
Vegetamin
...

JISA[®]
Advanced Agro

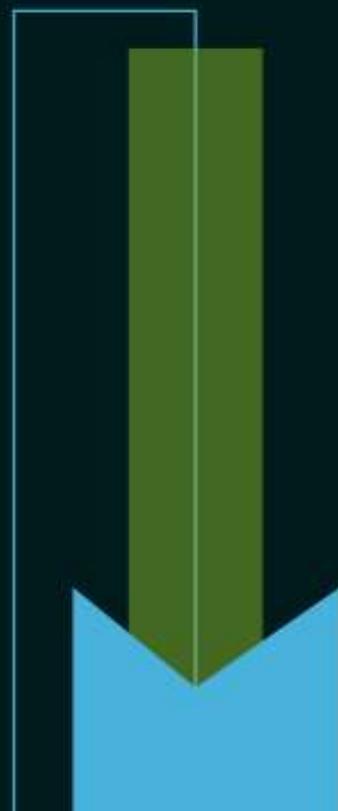


hefona



Somos Excelencia

www.hefona.es



2.10. Evolución de la bioprotección en la tecnología hortícola mediterránea

Estefanía Hinarejos Esteve

ibma@mathex.es

Asociación IBMA España

Índice

1.	Evolución de los bioprotectores basados en macroorganismos y contribución general a la sostenibilidad	2
1.1.	<i>Amblyseius swirskii</i>	3
1.2.	Sistemas de suelta y alimentación mejorados	4
1.3.	Control biológico en ornamentales	4
1.4.	Control biológico en semillero	4
2.	Evolución de los bioprotectores basados es microorganismos, semioquímicos y sustancias naturales y contribución general a la sostenibilidad	5
2.1.	Grupo de los semioquímicos	7
2.2.	Grupo de las sustancias naturales	9
2.3.	Grupo de los microorganismos	9
3.	Legislación y crecimiento	11
4.	COVID 19 e impacto en el sector de la bioprotección	13
5.	Evolución del sector de la bioprotección a futuro	16

Resumen

La percepción del consumidor ha cambiado con el cambio de siglo, y ahora más que nunca exige productos que no sólo lo cuiden a él, sino también al medio ambiente.

Se presentan a continuación dos secciones que hablan de la evolución del sector en las últimas décadas, desde el punto de vista de los macroorganismos, y desde el punto de vista de todos aquellos bioprotectores que están regulados como productos fitosanitarios (microorganismos, semioquímicos y sustancias naturales).

En esta misma actualidad, se habla de cómo la crisis que estamos sufriendo (COVID-19), ha afectado de alguna forma las demandas de productos biológicos en España y también de la evolución que puede experimentar el sector de la Bioprotección a futuro, teniendo en cuenta los marcos regulatorios actuales.

1. Evolución de los bioprotectores basados en macroorganismos y contribución general a la sostenibilidad

España, con una superficie invernada estimada en unas 49.000 ha, es el país con más superficie protegida en la zona del Mediterráneo. La mayor parte de esta superficie se destina a la producción de cultivos hortícolas como el tomate, pimiento, berenjena y diversas cucurbitáceas y se concentra en el sureste del país, en las provincias de Almería y Murcia.

A inicios de los años 2000, las principales plagas que afectaban a estos cultivos eran el trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) y la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). El uso abusivo de plaguicidas para su control ha desembocado en la generación de problemas de seguridad alimentaria, como el que se produjo en 2006 cuando Greenpeace publicó un informe demoledor que alertaba sobre la presencia, en más de un 60% de los frutos analizados procedentes del sureste español, de residuos químicos de plaguicidas. Estos residuos, alguno de ellos de plaguicidas no autorizados, excedían los niveles autorizados. Como resultado, los mercados de destino paralizaron las importaciones de frutas y hortalizas procedentes del sureste español, provocando así una grave crisis económica en el sector productor. Los agricultores se vieron forzados a modificar de forma drástica su estrategia de control de plagas, lo que supuso una adopción masiva del control biológico. Así, en tan solo 3 años, la gran mayoría de los agricultores de pimiento liberaron ya en sus invernaderos agentes de control biológico. Con esto, los agricultores lograron reducir totalmente la presencia de residuos químicos en sus productos y evitaron una posible crisis económica en el sector hortofrutícola. El efecto en el cultivo de pimiento tuvo también su eco en el resto de los cultivos hortícolas. Así, los agentes de control biológico se liberan en unas 30.000 ha de cultivo bajo abrigo del sureste español.

Esto ha sido posible gracias a que la industria productora y comercializadora de enemigos naturales ha realizado en las últimas décadas importantes avances, identificando y poniendo a disposición de los agricultores más de 230 especies de enemigos naturales y adaptado las estrategias de control biológico a las condiciones locales mediante la selección de los agentes de control biológico más adecuados. Así pues, diversos proyectos de investigación, en los que participaron diferentes entidades públicas y privadas, han ayudado a desarrollar las estrategias de control biológico que permiten dar respuesta en la actualidad a las principales plagas que afectan a los cultivos protegidos del sureste español. Pese a ello, en un primer momento el incremento en el uso de estrategias de control biológico se debió a factores externos, habiéndose consolidado posteriormente como pilar fundamental del control de plagas y enfermedades gracias a su demostrada eficacia y rentabilidad, al apoyo decidido por parte de asesores técnicos y servicios públicos y por el compromiso de los agricultores para producir de un modo más sostenible y limpio gracias a que cuentan con una herramienta que se lo permite (Calvo, 2019).

El inicio del control biológico, sobre todo en cultivos como el pimiento en invernadero, supuso un cambio de paradigma en el pensamiento de nuestros agricultores hortícolas y nos puso a la altura de otros países como Holanda, que ya venían años empleándolo.

Nadie creía en la posibilidad de combatir determinadas plagas sin el uso de químicos, y esa posibilidad se demostró gracias a las dificultades del momento por problemas con detecciones

por encima de los límites máximos de residuos establecidos por legislación y a la necesidad e imposición por parte de las administraciones, que establecieron cambios normativos para empezar a trabajar con el modelo de gestión integrada, con lo que caminamos hacia una agricultura más agroecológica y eliminando riesgos sobre problemáticas como la que veníamos sufriendo, y que afectaron gravemente la economía del sector y nos pusieron en una situación comprometida frente a nuestros principales clientes europeos. Así llegó el empleo de enemigos naturales autóctonos como el *Orius laevigatus* (Fiegl) en el control de *Frankliniella occidentalis* (Perg.) en pimiento en invernadero. Igualmente, los daños ocasionados por el virus del bronceado del tomate y otras plagas, como la llegada de *Bemisia tabaci*, potenciaron el uso del control biológico frente al control químico que además demostraba ser insuficientemente eficaz por motivos de resistencias por tratamientos indiscriminados y permanentes.

El control biológico supuso en los años noventa, aire fresco, novedad e innovación y crecimiento en el sector hortofrutícola español, y fue así porque funcionó y mejoró el rendimiento y calidad de nuestros cultivos, además de suponer una reducción del impacto ambiental al que habíamos llegado, por el uso indiscriminado de fitosanitarios, y una mejora en la calidad de vida de nuestros agricultores. El control biológico mediante el uso de insectos y ácaros beneficiosos es un claro ejemplo de éxito, que comenzó implantándose en determinados cultivos como el pimiento y el tomate tanto en Murcia como Almería y que, hoy en día, extiende sus efectos positivos en la mayoría de cultivos hortícolas, estando claramente difundido y reconocido.

Con la globalización y el cambio climático, los riesgos de sufrir nuevas plagas y enfermedades son tremendos, y el sector ha de esforzarse por encontrar soluciones creativas y basadas en la biología, explorando tanto la introducción de enemigos naturales que funcionan como control de nuevas plagas importadas, como explorando el potencial de nuestras especies autóctonas e incorporando medidas culturales como el uso de setos para fomentar la conservación de lo que introducimos o ya de por sí tenemos.

Todas estas estrategias (control biológico clásico o inoculativo, control biológico inundativo y control biológico mediante conservación), funcionan. Solo hay que remitirse a ejemplos ya antiguos, como el uso de *Rodolia cardinalis* para el control de la cochinilla acanalada o *Cales noacki* contra la mosca blanca de los cítricos, o mirar cómo está cambiando y va a cambiar progresivamente el “look” de nuestros invernaderos, que presentan una gama de color y diversidad de especies vegetales autóctonas a modo de infraestructuras verdes y setos para aportar refugio y alimento a enemigos naturales autóctonos y de aquellos que se han introducido con sueltas inundativas (Hinarejos, 2021).

El uso de la bioprotección es una apuesta segura en la agricultura de hoy y del futuro, y sus aportes a la sostenibilidad del sistema, quedan sobradamente demostrados con las experiencias desarrolladas en estas últimas décadas.

Sirvan como ejemplo de ello, y como pequeña pincelada de éxitos conseguidos, los apartados a continuación.

1.1. *Amblyseius swirskii*

Uso del ácaro depredador *Amblyseius swirskii* introducido en el mercado español en el año 2005, y favorecida su expansión en el año 2006 por la “crisis del pimiento dulce”, cuando las

exportaciones de vegetales se vieron afectadas por la presencia de residuos y los agricultores se vieron obligados a cambiar su forma de trabajo basada en el uso continuado de fitosanitarios químicos y con muchísimos problemas de resistencias. Solo hizo falta este empujón para su adopción masiva. Supuso la transformación de en tan solo tres años, pasar de un 5% a un 100% de las hectáreas de cultivo protegido de pimiento con control biológico. Demostró que el cambio es posible, y además a mejor, pues el porcentaje de residuos encontrados en muestras de pimiento, disminuyó de un 33% a menos de un 1% (Calvo *et al.*; 2014). Es pues un claro ejemplo de sistema de producción que **minimiza el impacto sobre asuntos de resistencia y residuos**, aspectos sobre los que los consumidores cada vez están más informados y claramente existen medidas de presión de las cadenas de distribución al respecto.

1.2. Sistemas de suelta y alimentación mejorados

El desarrollo de sistemas de suelta mejorados mediante el sistema de cría de ácaros depredadores, el formato de sobres biodegradables, y el desarrollo de sistemas de alimentación de auxiliares (ejemplos el uso de polen, ácaros presa y la introducción de huevos de *Ephestia kuehniella*, y cistos de *Artemia*, entre otros). He aquí un ejemplo de mejora en la técnica, búsqueda de economía circular y **cuidado y aprendizaje sobre los enemigos de nuestros enemigos**. El aporte de polen, alimento de alto poder energético, espolvoreado sobre el cultivo, proporciona a los fitoseidos alimento de calidad y permite mejorar la rapidez y la calidad de su multiplicación sobre la planta, aumentando la eficiencia en el control de ácaros plaga presentes en el cultivo.

1.3. Control biológico en ornamentales

Los cultivos ornamentales de crisantemos en Holanda, cuyo intensivo cultivo con más de 5 ciclos/año, se realiza en más de un 75% de las 460 ha totales, bajo control biológico mediante introducciones del ácaro depredador *Transeius montdorensis* que, junto a la suelta de ácaros presa, consigue atajar los enormes problemas estéticos por daños de trips. Gran ejemplo de que el uso del control biológico aumentativo con enemigos naturales **no solo está presente en hortícolas sino también plenamente en ornamentales**.

1.4. Control biológico en semillero

El sistema de suelta y alimentación de la chinche *Nesidiocoris tenuis* con huevos de la polilla *Ephestia kuehniella* en semillero, clave para el control biológico de plagas en tomate en el sur de España (Figura 1). Se ha citado una reducción de un 80% de los tratamientos químicos mientras que representa menos del 1,5 % del coste por hectárea de cultivo de tomate para los agricultores. Este sistema, efectivo para la mosca blanca, trips, y también necesario para el control de *Tuta absoluta* en tomate de invernadero, permitió pasar de solo 300 ha en el 2010 a casi 12.000 hectáreas en tan solo 4 años.

Claro ejemplo de implementación de la Directiva de Uso Sostenible (Directiva 2009/128/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. (Diario Oficial de la Unión Europea L 309/71-86), con un **bajo consumo de tratamientos químicos**, y optando por prácticas y productos que suponen riesgos mínimos para la salud humana y el medio ambiente y que, por ello, apuestan por el mantenimiento del sistema.



Figura 1. *Nesidiocoris tenuis*. Fuente: Koppert Biological Systems, Spain

2. Evolución de los bioprotectores basados es microorganismos, semioquímicos y sustancias naturales y contribución general a la sostenibilidad

La próxima revolución verde viene con la introducción en el sistema, de microorganismos, semioquímicos y sustancias naturales que ayuden a lograr sistemas resilientes.

No solo la introducción en el sistema basta: el hábito en el uso, y el conocimiento técnico de su manejo, son piezas fundamentales para el éxito de la bioprotección.

El control biológico mediante el uso de otros bioprotectores que van por la vía regulatoria y el viejo esquema fitosanitario químico, necesitan también de políticas y cambios regulatorios que hagan realidad la disponibilidad para el agricultor. A su vez, inyección en investigación y desarrollo, porque sin dicha inyección, ni siquiera se llega a la fase legal de puesta en el mercado.

En Europa, actualmente nos encontramos frente a un momento claramente favorable al Biocontrol.

La Comisión adoptó el pasado 20 de mayo 2020, junto con la “Estrategia de la Granja a la Mesa”, la “Estrategia de biodiversidad”, indicando la transición a un sistema alimentario sostenible, y estableciendo objetivos concretos para los próximos 10 años, entre los que se encuentran:

- Reducción en un 50% del uso y riesgo de fitosanitarios químicos y reducción también en un 50% de aquellos fitosanitarios considerados peligrosos.
- Reducción en al menos un 20% del uso de fertilizantes, y reducción de las pérdidas de nutrientes en al menos un 50%, asegurando el no deterioro de la fertilidad de nuestros suelos.
- Reducción en un 50% en las ventas de antimicrobianos o antibióticos empleados en ganadería y acuicultura.
- Necesidad de conseguir al menos que un 25% de las tierras agrícolas europeas, se cultiven bajo el sistema productivo de Agricultura Ecológica y además, un incremento significativo en acuicultura ecológica.

2. Tecnología de producción

Las conclusiones de evaluación del REFIT (Regulatory Fitness and Performance Program) <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/refit>, herramienta utilizada para garantizar que, en este caso, el Reglamento de Productos Fitosanitarios, sea adecuado a su propósito, indican que el Reglamento es efectivo en su objetivo de protección de salud humana y medioambiental, debido a lo estricto de los criterios de evaluación, demostrando, a lo largo de los últimos 10 años, una tendencia a la disminución de las sustancias activas consideradas altamente peligrosas, y un incremento de las menos peligrosas.

Si bien la herramienta parece apropiada respecto a su ambición de protección humana y medioambiental, no es apropiada en cuanto a agilidad y eficacia en el procedimiento, pues seguimos encontrando trabas y demoras en renovación de sustancias activas o autorización de nuevos productos con sustancias activas ya aprobadas, que siguen sufriendo retrasos debido a falta de recursos y capacidad en los Estados Miembros.

En cualquier caso, con este viraje de la Agricultura Europea hacia “la biología”, el aumento del número de solicitudes de aprobación de sustancias activas fitosanitarias de origen biológico y sustancias microbianas es una realidad, dando como resultado el que más del 50% de las sustancias que se encuentran en evaluación en la base de datos fitosanitaria europea, son del ámbito de la bioprotección (microorganismos, feromonas, sustancias naturales, ...) como muestra el gráfico de la Figura 2.

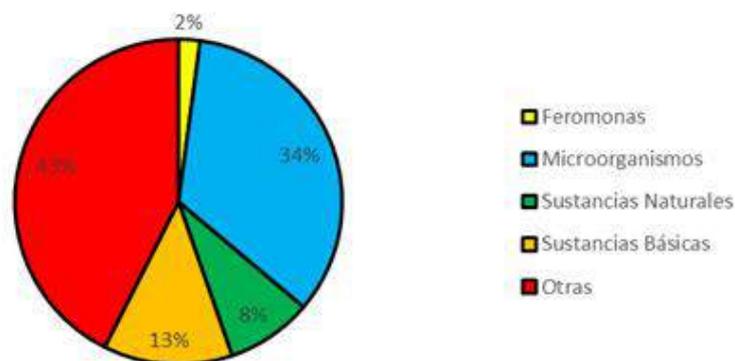


Figura 2. Sustancias en evaluación en la Base de Datos Fitosanitaria de la UE (15 de julio de 2020).

Fuente: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database>

Es en este panorama donde nos vamos a tener que manejar los próximos 10 años, y aunque se han identificado áreas de mejora y determinadas iniciativas, es necesario un alto grado de empuje político para alcanzar esas metas.

Al margen de las políticas y marcos regulatorios, la cantidad de productos bioprotectores que se registran por la vía fitosanitaria, va en aumento porque funcionan, y son el complemento perfecto en la GIP (Gestión Integrada de Plagas).

Se describen a continuación, ejemplos particulares de cada tipología de producto.

2.1. Grupo de los semioquímicos

La proyección del crecimiento de uso de feromonas y otros semioquímicos es creciente, y se basa en la eficiencia en el control del problema y en la ausencia de riesgos para personas y animales.

Aunque los costes de síntesis de materias activas pueden ser un factor limitante hoy día para algunos productos concretos, es previsible que, con el aumento de uso y los avances tecnológicos en dichos procesos, se acaben abaratando y haciendo posible su uso cotidiano. Será también fundamental que la administración colabore a ello, facilitando procesos de registro adecuados y ágiles, que ayuden a las empresas a poner en el mercado los formulados y las tecnologías correspondientes.

Si bien dentro de este grupo están englobadas todas las sustancias químicas naturales utilizadas en la comunicación entre organismos vivos, las feromonas son probablemente el grupo de semioquímicos más conocido y, por tanto, en esta sección se hará referencia a la aplicación de feromonas dentro de la horticultura.

Los productores hortícolas en general han sido siempre cautelosos respecto a adoptar el uso de nuevas tecnologías. Se trata de cultivos que tienen un valor elevado, con una duración corta y que además están sujetos a estándares cosméticos sumamente altos. Como resultado, y a menos que el beneficio económico esté claro, la mayor parte de los productores avanzan lentamente hacia la incorporación de nuevos procedimientos, y la aplicación de productos que contienen feromonas no ha sido la excepción. La utilización de las feromonas ha avanzado desde ser una estrategia para documentar la fenología del vuelo, establecer niveles de perjuicios económicos y monitorear la resistencia a los pesticidas, hasta ser una herramienta sólida en el control de las plagas que afectan a los cultivos hortícolas.

Hoy en día las feromonas de insectos son mayoritariamente usadas en dispositivos de monitoreo, para hacer un control mediante trampeo masivo ó atracción y muerte (lure-and-kill), o para generar una disrupción en el proceso de apareamiento de las plagas de insectos. Ejemplos de ello:

- Feromonas utilizadas en productos de monitoreo: Las trampas cebadas con feromonas han sido utilizadas en una gran variedad de formas dentro del manejo de plagas, incluyendo la determinación de la fenología estacional, la estimación de poblaciones, como soporte en la toma de decisiones respecto a la aplicación de otros tratamientos, y también en la detección temprana y la delimitación de especies invasoras. En relación a los productos de monitoreo destinados a los cultivos hortícolas, actualmente existen disponibles en el mercado español productos para el monitoreo de la oruga del tomate (*Helicoverpa armigera*), la polilla de la col (*Plutella xylostella*), la rosquilla verde (*Spodoptera exigua*) y la polilla del tomate (*Tuta absoluta*).
- Feromonas utilizadas en productos de trampeo masivo o atracción-y-muerte: En estos productos, la feromona funciona como un atrayente para incrementar la densidad de población de una especie hacia una ubicación donde esta pueda ser controlada. En el caso de las polillas, normalmente el cebo se basa en una feromona sexual femenina debido a su elevada especie-especificidad, la baja concentración que se necesita para provocar una respuesta conductual, y su naturaleza no tóxica hacia organismos no objetivo (en particular hacia los vertebrados). Aquí deben distinguirse:
 - o Los productos de trampeo masivo, en los cuales los insectos son confinados en un receptáculo y mueren, ya sea por un tóxico, o naturalmente por agotamiento debido al calor y/o deshidratación, normalmente en una trampa con pegamento.

2. Tecnología de producción

- Y, por otro lado, los dispositivos de atracción y muerte. Estos normalmente implican en su modo de acción que el insecto entre en contacto con un sustrato que contiene un agente convencional que provoca la muerte (por ejemplo, un insecticida sintético); y a diferencia de los dispositivos antes mencionados, no es indispensable que el dispositivo sea de tipo trampa.

En el campo de la horticultura, existen productos en el mercado español cuyo modo de acción es alguno de los anteriormente mencionados, para el control de plagas tales como *Plutella xylostella* y *Tuta absoluta*.

- Feromonas utilizadas en productos de interrupción del apareamiento (confusión sexual): Se trata de la tecnología basada en feromonas que está más desarrollada para el control directo de polillas. Los esfuerzos comerciales de las empresas del sector han sido exitosos principalmente contra plagas de cultivos hortícolas perennes, especies invasoras en densidades bajas de población, y poblaciones de plagas que no pueden ser controladas mediante insecticidas debido a resistencias, o a la falta de productos registrados eficaces. Mayoritariamente, la confusión sexual es usada como un componente más dentro de los programas de Gestión Integrada de Plagas más amplio. A día de hoy, el control de *Tuta absoluta* por confusión sexual en tomate y berenjena mediante la colocación de difusores pasivos con feromonas está bastante consolidado, y hay un gran potencial para que las empresas que trabajan en este campo, desarrollen productos destinados al control de otras plagas con elevada incidencia en invernaderos, que es donde se cultivan mayoritariamente los cultivos hortícolas más importantes.

Aunque este libro toca aspectos que tienen que ver con la tecnología hortícola mediterránea, no quiero dejar de nombrar otros ejemplos de éxito como pueden ser:

- El control de *Chilo suppressalis* en arroz, en el parque Natural de La Albufera: en 1988 se comenzaron las primeras estrategias en esta área gracias a la colaboración entre la Generalitat Valenciana, Sanitat Vegetal y la empresa fabricante de las feromonas del barrenador del arroz para confusión sexual. El cambio completo tuvo lugar del 2003 al año 2006. Hoy en día, no se necesitan productos químicos para manejar esta importante plaga, lo que ha permitido un incremento de la biodiversidad y generación de beneficios por coexistencia de la industria turística. La superficie cubierta en el Parque Natural y en el área limítrofe por la confusión sexual son 16.000 ha y el cambio completo a esta técnica significa la utilización de cerca de 58.000 L de insecticida menos en esta área cada año. **La reducción del riesgo y el uso de fitosanitarios químicos** y el control total de esta plaga con productos de bioprotección es posible.
- El control de *Cryptoblabes gnidiella* mediante confusión sexual: La *Cryptoblabes gnidiella*, conocida como barreneta, polilla de la melaza, del naranjo o del granado, es una especie polífaga originaria del Mediterráneo. Ataca varios cultivos, pero en los últimos años ha aumentado sus daños principalmente en los cultivos del granado, caqui y uva, royendo superficialmente los frutos e incluso pudiendo llegar a penetrar en ellos, dejándolos sin validez para su comercialización. Adicionalmente, los frutos atacados cambian precozmente de color y caen al suelo prematuramente.

Desde el año 2015 se vienen realizando ensayos en zonas afectadas por *Cryptoblabes gnidiella* en España y Francia. Hace 5 años, no había ningún tratamiento específico para esta especie, pero dada la creciente demanda por parte de los productores, se elevó para su consideración la posibilidad del control de esta plaga por confusión sexual.

Tanto la confusión sexual como la captura masiva, son “medidas biotecnológicas” y consideradas bioprotección, en las que la industria apuesta por la investigación y desarrollo en nuevas técnicas de aplicación, cada vez más efectivas.

2.2. Grupo de las sustancias naturales

Este es un grupo de sustancias bastante amplio, y que consiste en uno o varios componentes que se originan en la naturaleza, incluidos, aunque no limitados a los derivados de plantas, como la azadiractina, sustancia con más de 25 años en el mercado, que sigue funcionando con diversos usos (bionematicida e insecticida) sin disminuir su eficacia ni aparecer problemas de resistencia.

Es un ejemplo de **sinergia entre herramientas de bioprotección**, la compatibilidad que demuestran determinados formulados en base azadiractina, aplicado hasta un día antes de la suelta en semillero de tomate del auxiliar *Nesidiocoris tenuis*, sin que se comprometa el establecimiento de las ninfas, y si es aplicado en su fase crítica de instalación con tan solo un ligero efecto sobre la instalación del adulto, pero sin comprometer la evolución normal de la población. Una vez más, hablamos de sistemas compatibles que **respetan el uso de OCB (organismos de control biológico) y polinizadores**, con un modo de acción multidiana que promueve una baja aparición de resistencias y que permite tratar a la vez contra diferentes plagas de insectos, (trips, tuta, mosca blanca) y tener resultados excelentes de implantación de *Nesidiocoris tenuis*.

Existe además toda una gama de sustancias naturales como el extracto del árbol del té, los ácidos grasos (y sus sales), laminarinas, lecitinas, maltodextrinas, aceites de plantas, arena de cuarzo, timol, ... que están incluidas en el anexo IV del Reglamento EC 396/2005 (DOUE, 2005) y que están exentas de LMR, con lo que una vez más, se encuentran **en línea con la demanda del mercado**.

2.3. Grupo de los microorganismos

Bacillus thuringensis

Un ejemplo tradicional de bacteria, por los años que ya lleva en el mercado, es el uso de Bt's (*Bacillus thuringensis*). La habilidad de esta bacteria para controlar larvas de insectos, fue descubierta hace más de 100 años, y comercialmente introducida en los años 40. Actualmente, son muchas las hectáreas que se tratan cada año contra *Lobesia botrana* o contra *Tuta absoluta*. Distintas cepas de *Bacillus thuringiensis* se vienen utilizando en agricultura y salud pública durante hace más de 50 años. Todas las cepas comerciales registradas se han probado exhaustivamente para evaluar los efectos sobre salud humana, sin ninguna indicación de efectos adversos. El Bt, como se conocen estas cepas de biocontrol, es el bioprotector microbiano agrícola más utilizado en todo el mundo y representa aproximadamente el 50% de las ventas mundiales de bioprotectores microbianos con un valor de 1.000 millones de euros. Es un bioprotector clave utilizado en agricultura ecológica.

Uso de hongos para el control de otros hongos (biofungidas), o para el control de insectos (bioinsecticidas)

También el uso de hongos como el *Ampelomyces quisqualis* para control de oidio en viña (*Uncinula necator*), hongo descrito hace más de 140 años, o el uso de *Lecanicillium muscarium* para el control de plagas de mosca blanca y trips en horticolas, plantas ornamentales y arboles de vivero, cultivados bajo invernadero (Figura 3).



Figura 3. *Lecanicillium muscarium*. Fuente:Koppert Biological Systems, Spain

Uso de *Bacillus* o *Trichodermas* para combatir enfermedades aéreas o de suelo

El uso de distintos géneros/especies de *Bacillus* (*subtilis*, *pumilus amyloliquefaciens*, ...) o de diferentes especies de *Trichoderma*, que se utilizan para combatir diversas enfermedades aéreas o de suelo.

El uso de antagonistas de enfermedades de suelo es sinónimo de resiliencia, y **resiliencia, sinónimo de sostenibilidad**. Los microorganismos e invertebrados son clave para los servicios de los ecosistemas, pero sus contribuciones aún son poco conocidas y raramente reconocidas.

Uso de baculovirus

Igualmente, el uso de baculovirus está plenamente extendido y verificada y su acción sobre noctuidos en cultivos horticolas. Si bien es cierto que se trata de productos muy técnicos y que requieren conocimiento para su manejo, bien utilizados consiguen máximos rendimientos en el control de las plagas contra los que se utilizan, y además hemos de considerar también el factor medio ambiental y el perfil toxicológico de estos productos, que presentan ausencia de riesgos para las personas y consumidores de las hortalizas tratadas, y se trata de productos exentos de residuos.

La **biodiversidad** es algo deseable, y a lo que **contribuimos con el uso de todas estas herramientas de bioprotección**.

3. Legislación y crecimiento

En España, el control biológico con empleo de bioprotectores, se hace mediante el uso de macroorganismos (Organismos de Control Biológico como insectos, ácaros beneficiosos y

nematodos entomopatógenos, considerados como determinados medios de defensa fitosanitaria y puestos en mercado por vía del R.D. 951/2014 modificado mediante el Real Decreto 534/2017) o bien mediante productos regulados bajo el Reglamento 1107/2009 EC, cuyos ingredientes activos pueden consistir en microorganismos, semioquímicos, extractos botánicos y sustancias naturales (Figura 4).



Figura 4. *Steinernema feltiae* (nematodos entomopatógenos). Fuente: Koppert Biological Systems, Spain

Respecto a avances regulatorios, se han identificado y se está trabajando en algunas áreas de mejora que tienen que ver con la revisión de los requisitos de datos de sustancias activas y productos a base de microorganismos, desde IBMA, se han estado desarrollando “árboles de decisión” como guía para mejorar dichos requisitos y abordar problemáticas concretas como el “potencial de sensibilización microbiano” y su interpretación por falta de metodología validada.

Además, durante estos últimos años se ha estado trabajando en ciertos Documentos Guía:

- Evaluación de riesgo de metabolitos producidos por microorganismos – publicada el 23 de octubre de 2020, y de aplicación para solicitudes que se presenten a partir del 1 de noviembre de 2021.
- Aprobación y criterio bajo riesgo sobre resistencia antimicrobiana - publicada el 23 de octubre de 2020, y de aplicación para solicitudes que se presenten a partir del 1 de mayo de 2021.

También se está invirtiendo en programas educacionales: “Better Training for Safer Food” donde se esperan actividades de formación, en el campo de la evaluación de riesgos de microorganismos empleados como fitosanitarios o biocidas, durante el periodo 2021, 2022 y ampliado probablemente hasta el 2024.

Objetivos tan desafiantes como los indicados anteriormente implican una transformación total respecto a las estrategias que deben seguir los agricultores para luchar contra todos los problemas que día a día se encuentran en el campo, en un periodo objetivo de 10 años, y estas nuevas estrategias tienen y tendrán que ver con el sector de los “biológicos”, para los que se esperan crecimientos anuales de entre un 12 % y 17 %, dependiendo del tipo de producto.

El mercado de los agentes de control biológico se encuentra actualmente en los 3.6 billones de euros a nivel mundial y 900 millones en Europa. Específicamente en Francia, donde existen datos reales de mercado, un 8% del mercado fitosanitario tiene que ver con los productos de

bioprotección, representando en cifras, los 179 millones de euros (IBMA France, 2018). Con un 20% de crecimiento anual esperado, y el actual aumento de demanda por este tipo de producto, nos encontramos frente a un sector sumamente atractivo (Ravensverg, 2015). En el año 2020, por encuestas realizadas al sector, sabemos que más de 140 formulaciones fitosanitarias basadas en “bioprotección”, se encuentran en el sistema de registro, y quedan otras tantas en casi un número similar, que todavía no se han presentado y se encuentran en fase de desarrollo (IBMA, 2020).

Durante la primavera del pasado año 2020, IBMA realizó una encuesta entre sus asociados, que reflejan la situación de mercado en el año 2018. Los datos se recogieron sobre 182 empresas que fabrican o desarrollan productos de bioprotección.

Algunos de los datos significativos de esta encuesta se describen a continuación:

1. En el año 2018, el mercado Europeo de Biocontrol estaba en 1.015bn €, representando aproximadamente el 6% de los 16bn € que supone el mercado fitosanitario.
2. Las PYMES siguen siendo predominantes en esta industria.
3. Cada una de las categorías descritas de los productos de bioprotección (macroorganismos, microorganismos, semioquímicos y sustancias naturales), muestran un tremendo crecimiento durante los últimos 3 años. Las ventas entre 2016 y 2018 en el 38% de los encuestados (submuestra analizada en mayor profundidad), muestran que el sector de los agentes de control biológico invertebrados aumentó en un 50%, mientras que el sector de microorganismos y semioquímicos casi supuso el doble, y casi un triple el sector de las sustancias naturales.

Pero si de verdad queremos crecer, es necesario:

1. Acelerar la disponibilidad de productos biológicos mediante un entorno regulatorio propicio a los productos de Biocontrol, a través de la Directiva de Uso Sostenible y los cambios que sean posibles en el reglamento EC 1107/2009. Según una encuesta reciente a nuestros asociados, se han incrementado las solicitudes de ingredientes activos de origen biológico, que esperan aprobación a nivel de la UE y hay más de 100 productos que esperan autorización a nivel nacional. La aprobación y autorización de estos registros en curso, proporcionarían nuevos usos (cultivos/plagas) para beneficio inmediato de los agricultores.
2. Dar incentivos a través de la PAC para permitir a los agricultores la transición a sistemas “regenerativos” que se vean respaldados por el uso de tecnologías biológicas y también que se basen en la observación y el monitoreo, facilitado por las nuevas tecnologías digitales.
3. Más investigación sobre bioprotección: fondos para el desarrollo de nuevos enfoques agrícolas que contemplen la biología junto a la química, y que integren también una gestión integrada de la nutrición de cultivos.

A nivel de reglamento fitosanitario, se deberían cambiar o flexibilizar las condiciones que están ralentizando la explosión y energía de activación que la bioprotección necesita, pues:

- No se asume que una sustancia es “bajo riesgo” hasta que no se demuestra, por lo que no existe una “presunción de inocencia” que pudiese acelerar la puesta en el mercado de determinados productos de origen biológico.

- Los requisitos de datos se basan en un marco cuyo origen son los requisitos de datos aplicados a sustancias químicas, y que resulta inapropiado para considerar aspectos de eficacia y seguridad de productos cuyas sustancias activas son microorganismos.
- El principio de precaución se aplica de forma estricta e inflexible, siendo malinterpretado en muchos casos.
- Las PYMEs, fuente de innovación y fuente de diseño e innovación en productos fitosanitarios de origen biológico, no tienen la suficiente capacidad para abordar un registro de este tipo.
- Los agricultores ecológicos, que dependen de estas soluciones, y acaban afectados por la falta de soluciones “verdes”, pues éstas tardan en llegar a mercado.

4. COVID 19 e impacto en el sector de la bioprotección

A nivel de previsiones, Europa, porcentualmente, mantendrá sus posiciones, asumiendo en torno a 1/3 del mercado de la bioprotección global. La problemática de la pandemia ha supuesto una reducción, a veces puntual, en algunos mercados específicos, debido a los impedimentos en la cadena de distribución (transporte y logística), pero en general, el mercado español, ha podido absorber los efectos negativos.

En algunos casos, al igual que en el resto del mundo, tanto procesos de registro, como ejecución de ensayos de campo, se puede haber visto afectado por la distorsión del trabajo desde casa, o bien la imposibilidad de trabajo de los equipos técnicos para programar y coordinar dichos ensayos, lo cual ha cancelado en algunos casos proyectos de desarrollo o introducción de novedades que se han visto retrasadas en el tiempo.

El 2020 en general, no ha sido un año de crecimiento, y el 2021, aunque podría recuperar, puede que no llegue a los valores del 2019.

En cualquier caso, son años de nuevos retos en cuanto a posibles y presentes operaciones corporativas de adquisición o fusiones de empresas, pues la integración de la biología en el portafolio de las empresas es una necesidad para acomodarse a las demandas del consumidor de hoy.

Una de las peores consecuencias iniciales, cuando tuvimos el primer brote de COVID-19, fue la restricción a los movimientos internacionales de personas y mercancías, corriendo el riesgo de interrupciones importantes del comercio habitual en insumos de bioprotección e incluso corriendo el riesgo de las pérdidas de lotes de producción por no poderse servir a tiempo y con garantías de calidad (el sector de la bioprotección trabaja muchas veces con elementos “vivos” que necesitan aplicarse en su debido momento, y que no pueden mantenerse sin unas condiciones garantizadas de temperatura de almacenamiento).

Durante la Crisis COVID-19, IBMA tuvo que trabajar para garantizar que los insumos de bioprotección fuesen considerados también como herramientas esenciales y se les aplicasen las exenciones de cualquier restricción impuesta por las medidas de emergencia. Se tuvo que trabajar para hacer entender por qué las tecnologías de bioprotección y control biológico, son herramientas esenciales a la agricultura de este siglo, sobre todo en el suministro de fruta y verdura fresca.

2. Tecnología de producción

Un ejemplo de dificultades en los peores momentos de la primera ola de esta pandemia, fue la necesidad de solicitar que los macroorganismos (insectos y ácaros beneficiosos, nematodos entomopatógenos) estuviesen exentos de cualquier restricción y se pudiese hacer el transporte de país a país, a través de los mismos “corredores verdes” que se habilitaron para frutas y hortalizas.

Concretamente en Canarias, y sirva como ejemplo de la situación en otras áreas, se produjeron demoras en las rutas logísticas debido a la disminución de vuelos, supresión del turismo internacional, que conlleva cierre de hoteles y, por lo tanto, pérdida de consumo de producto local, con las consecuencias que eso acarrea a muchos clientes

En general, el sector de ornamentales ha sido el más afectado, habiendo pérdidas en la facturación con respecto al 2019. Por contra, existe la percepción de que, en el sector cítricos, ha habido una estrecha relación que relacionaba el consumo de esta fruta como beneficiosa para contra el virus (al igual que ocurre con otras enfermedades víricas), lo cual se ha traducido en una mayor demanda de este grupo de especies y se ha traducido en un aumento del precio. Esta contrapartida es beneficiosa para el sector del control biológico, ya que el agricultor dispone entonces de mayor poder adquisitivo, lo que revierte positivamente en la compra de productos biológicos.

Cuando hay una crisis que roza temas tan sensibles como la alimentación, se olvidan aspectos medio ambientales o de sostenibilidad, y se tiende a lo más importante, que es la garantía de un sistema de suministro de alimentos. Pero la realidad es que, hoy en día, los pilares de nuestra producción agrícola española y, sobre todo, de la producción hortofrutícola, son el uso de estos insumos de origen biológico, pues no se entiende una Gestión Integrada de Plagas, sin su uso.

En cualquier caso, y dado que se trata de herramientas esenciales en nuestra agricultura, el sector de la bioprotección no ha sufrido grandes impactos, aunque sí ha significado un cambio en modelos de trabajo, comunicación y relación con el cliente.

Como ejemplo de esta nueva forma de relación con el cliente Koppert España S.L. nos relata sus experiencias:

“El inicio del confinamiento durante el pasado mes de marzo significó un cambio decisivo en el modelo de relación con nuestros clientes. Las restricciones oficiales impuestas para intentar controlar la expansión de la COVID-19 afectaron gravemente al transporte de mercancías y nos obligaron a llevar a cabo importantes ajustes en nuestras rutas con el objetivo de asegurar la entrega de nuestros productos lo antes posible.

Desde el primer momento, nos vimos reforzados por pertenecer a la gran familia de Koppert en todo el mundo. Desde nuestra central en Holanda, y en permanente coordinación con cada país, se puso en marcha inmediatamente un grupo internacional de trabajo con expertos en logística y cadena de suministro para encontrar rutas alternativas por tierra, mar y aire que permitieran asegurar el abastecimiento de nuestros clientes. En consecuencia, Koppert logró mantener activa la producción de alimentos frescos, seguros y sostenibles gracias al uso del control biológico de plagas.

Para garantizar el servicio a nuestros clientes, se reforzó el asesoramiento técnico en remoto y se limitaron las visitas a campo para respetar los protocolos de higiene y prevención, que desde

el primer momento también se implantaron en todas nuestras instalaciones. Todos estos cambios se comunicaron a nuestros clientes por teléfono, correo electrónico y redes sociales, para que nunca se sintieran desatendidos. Al mismo tiempo, la pandemia ha impulsado la organización de webinaros que han facilitado a los productores y técnicos conocer todas nuestras novedades sin necesidad de desplazarse. Las jornadas técnicas virtuales han llegado a Koppert para quedarse, debido al gran éxito de asistencia que hemos conseguido en cada una de nuestras convocatorias.

Otro dato a tener en cuenta es que la crisis sanitaria que ha generado esta pandemia ha aumentado el consumo de frutas y hortalizas, algo que ha beneficiado a las regiones con producciones de invernadero y de cítricos. Nos llamó mucho la atención el fuerte incremento en el consumo de naranjas, por asociarlas a su alto contenido en vitamina C y por considerar que son buenas aliadas para mantener un buen estado general de salud y las defensas altas. El aumento de la demanda de naranjas hizo que subieran los precios de esta fruta, en consecuencia, los productores vieron mejorada su rentabilidad y se animaron a invertir más en la compra de productos de control biológico. El ejemplo de lo sucedido con los cítricos tuvo su reflejo en otros cultivos hortofrutícolas, ya que la población en general fue consciente de la necesidad de mejorar su alimentación y de aumentar la ingesta de frutas y verduras como un pequeño gesto diario para mantener lejos el coronavirus. El trabajo diario en el campo no se detuvo en ningún momento, sino todo lo contrario. Por tanto, durante todos estos meses hemos incrementado nuestra facturación, debido a que nuestra gran capacidad de reacción ha permitido reajustar nuestros volúmenes de producción y nuestras rutas de abastecimiento según la demanda real en cada momento. La agricultura española ha desempeñado un importante papel en el abastecimiento de productos frescos a toda Europa y en Koppert España nos sentimos orgullosos de haber contribuido a ello.

En definitiva, esta pandemia nos ha ayudado a conocer mejor las necesidades de nuestros clientes y a estar más cerca de todos ellos. Hemos introducido nuevos esquemas de trabajo y nuevas formas de contacto y de formación técnica que vamos a seguir utilizando a partir de ahora. En definitiva, la pandemia nos ha enseñado a mejorar aún más. En Koppert siempre tomamos a la Naturaleza como modelo de inspiración y esta crisis sanitaria nos ha ayudado a ser resilientes, a evolucionar y a adaptarnos a nuestro entorno. El trabajo interno que hemos realizado no habría servido de nada sin la confianza que nuestros clientes han demostrado en nosotros. A ellos les debemos nuestro éxito.”

5. Evolución del sector de la bioprotección a futuro

El marco regulatorio europeo para Productos Fitosanitarios (Reg. CE 1107/2009), a pesar de estar caracterizados por alta calidad científica y conocimiento, solo ha sabido regular desde un punto de vista “químico”, incluyendo en ese saco también a los productos de bioprotección, que se ven arrastrados por el legado de una regulación tradicionalmente química.

Los tiempos han cambiado, y es necesario “actualizarse a marchas forzadas” desde el punto de vista regulatorio o no seremos capaces de acompañar las recientes estrategias de biodiversidad y la estrategia de la granja a la mesa que tienen como objetivo político el trabajar hacia un futuro

sostenible en cuanto a gestión sostenible de insumos y consecución de alimentos sanos y seguros, a través de una agricultura competitiva e igualmente sostenible.

Puesto que uno de los objetivos es el de reducir en un 50% el uso de fitosanitarios y el riesgo, los productos fitosanitarios de bajo riesgo y con ello los productos biológicos (la gran mayoría de los ingredientes activos aprobados como bajo riesgo son de bioprotección) van a jugar un papel muy importante y es imprescindible el aumento de su disponibilidad.

La bioprotección ya es una realidad en horticultura y cultivos especializados como la viña, pero falta implementar y crecer en cultivos extensivos, y también en el campo de los tratamientos a semillas.

La demanda en el uso de productos biológicos sigue creciendo en España. No obstante, sigue existiendo para el desarrollo de esta industria, el problema de la burocracia en el sistema regulatorio europeo, y el problema de los largos tiempos que son necesarios para que dichos productos lleguen al mercado como productos fitosanitarios.

Actualmente, el mercado del biocontrol en España en general, si hablamos de los productos fitosanitarios regulados por el Reglamento CE 1107/2009, solo suma un pequeñísimo porcentaje de lo que representa el mercado total de los productos fitosanitarios. No se tienen datos consolidados de mercado, pero al igual que en Francia ya supone un 8%, en España difícilmente se llega al 5%.

Por otro lado, en lo que se refiere a la horticultura, para el año 2018 el sector disponía de un total de 74 sustancias activas aprobadas en el área del biocontrol, las cuales en la práctica son aplicadas por los agricultores en productos que están distribuidos en una gran variedad de tipos de formulación (Robin y Marchand, 2018). Estos productos se dirigen principalmente al control de insectos y hongos, que son el segundo y tercer uso más común de los productos para la protección de los cultivos luego de los herbicidas (Zhang *et al.*, 2011).

Más específicamente, desde el año 2011, cuando se empezó a aplicar el reglamento EC 1107/2009, las sustancias activas de biocontrol usadas en la horticultura se incrementaron hasta las 74 mencionadas anteriormente, desde las 61 que estaban disponibles en 2011 (Zhang *et al.*, 2011). Un factor de gran importancia para este crecimiento se encuentra en el hecho de que todos los vegetales cultivados en invernadero, tales como el tomate y los pepinos, están incluidos en esta categoría. En este sentido, el ambiente controlado que hay en los invernaderos, así como el alto valor de los cultivos y, en especial, el limitado número de fungicidas autorizados, ofrecen un nicho único para el control biológico de las enfermedades de las plantas (Paulitz y Bélanger, 2001). Así mismo, el faltante de sustancias para la protección de cultivos dirigidas a usos menores y cultivos especializados, sumado al problema de los residuos y el hecho de que muchos cultivos son dependientes de los polinizadores, y la creciente resistencia a los pesticidas tradicionales, han influido sobre la evolución positiva de las sustancias de biocontrol destinadas a la protección de las hortalizas (Lamichhane *et al.*, 2017).

Se está trabajando tanto a nivel europeo como nacional, eso es cierto. En los últimos años venimos desde IBMA Global tratando de impulsar distintas estrategias para esa mejora de disponibilidad, y aunque se han conseguido pequeños logros como unos criterios algo más lógicos para definir un “bajo riesgo” o el desarrollo de nuevas guías de trabajo e incluso la

revisión de los requisitos de datos para microorganismos, incluida la revisión de los principios generales para la evaluación de la eficacia; estas medidas siguen sin ser el acelerador que el particular tiempo que estamos viviendo demanda.

Sobre IBMA España

IBMA (*International Biocontrol Manufacturers Association*) es una asociación internacional creada en 1995 que agrupa empresas dedicadas a la producción y/o comercialización de productos para bioprotección o control de plagas y enfermedades agrícolas.

Las tecnologías de bioprotección (bioprotectores), incluyen herramientas biológicas de protección vegetal, para la gestión de plagas y enfermedades. Tienen su origen en la naturaleza o, si son sintéticas, replican unos mecanismos idénticos a los que pueden encontrarse en la naturaleza y tienen en general un impacto reducido en la salud humana y el medio ambiente. Algunos ejemplos de estas tecnologías serían los microorganismos, los semioquímicos, los extractos botánicos o las sustancias naturales.

La tipología de productos que recoge esta industria es muy diversa, aunque básicamente podemos identificar 4 grandes grupos de productos basados en microorganismos, macroorganismos (como insectos y ácaros auxiliares beneficiosos o nematodos entomopatógenos), semioquímicos como las feromonas, y sustancias naturales que recogen entre otros, no solo los extractos botánicos, sino también los aceites naturales.

En febrero del año 2008, se fundó el Grupo Nacional IBMA España, registrada como asociación nacional independiente en el año 2011 y arropada bajo el paraguas de IBMA Global.

IBMA España agrupa a las empresas españolas o con sede en España, dedicadas igualmente a la producción y/o comercialización de productos y herramientas de bioprotección.

Dentro de sus estatutos y como propósitos fundamentales, se encuentran el de actuar como portavoz de la industria del Control Biológico o bioprotección en España, posicionándose como asociación de referencia, cuando se planteen cuestiones relacionadas con el Control Biológico y la Agricultura Sostenible y el de establecer entre las empresas representadas y órganos administrativos, un foro abierto, con el fin de trabajar conjuntamente sobre normativas, estándares de calidad, ética profesional y otros proyectos de formación e información, que promuevan la industria del Control Biológico.

IBMA España se caracteriza además por ser un grupo de empresas diverso, conformada hasta estos últimos años, mayoritariamente por PYME's que tan importantes son para nuestro actual tejido empresarial en España. Actualmente, y aunque las PYMES siguen siendo un 50% de las empresas asociadas, aparece una tendencia creciente a la concentración, donde los fondos de inversión, o bien empresas multinacionales del sector fitosanitario o fertilizante acaban, mediante operaciones corporativas, aglutinando y diluyendo la masa crítica original de PYMES en este sector a nivel nacional.

Bibliografía

- Calvo, F.J *et al.* (2014) *Amblyseius swirskii*: What made this predatory mite such a successful biocontrol agent? Ref. Koppert España S.L.
- Calvo, F.J. (2019). Comunicación Oral Publicado en Phytoma, revista nº 310 del mes de junio y julio de 2019 (I Foro de bioprotección)
- Comisión Europea. (2020). REFIT Evaluation of the EU legislation on plant protection products and pesticide residues. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/refit>. Acceso 7 de marzo 2021
- Hinarejos, E. (2021). Resumen Coloquio "Phytoma meet: Presentación del Encuentro Virtual "25 años de control biológico en el cultivo del pimiento en el sureste de España" celebrado el 21 de Enero 2021
- IBMA (2018) Le marché du biocontrôle. <https://www.ibmafrance.com/biocontrôle/> %3E. Accessed 22 Feb 2020
- IBMA Global (2020).
- Lamichhane, J.R.; Bischoff-Schaefer, M.; Bluemel, S.; Dachbrodt-Saaydeh, S.; Dreux, L.; Jansen, J.P.; Kiss, J.; Köhl, J.; Kudsk, P.; Malausa, T.; Messean, A.; Nicot, P.C.; Ricci, P.; Thibierge, J.; Villeneuve, F; (2017). Identifying obstacles and ranking common biological control research priorities for Europe to manage most economically important pests in arable, vegetable and perennial crops. *Pest Management Science*, 73(1): 14-21
- Paulitz, T.C.; Bélanger, R.R. (2001) Biological control in greenhouse Systems. *Annual Review of Phytopathology* 39(1): 103-133.
- Ravensberg, W. (2015) Crop protection in 2030: towards a natural, efficient, safe and sustainable approach: 1–46
- Riudavets, J. *et al.* (1999) Implementation of integrated pest and disease management in greenhouses: from research to the consumer. Chapter 29.
- Robin, D.; Marchand, P (2009). Evolution of the biocontrol active substances in the framework of the European Pesticide Regulation (EC) No. 1107/2009. *Pest Management Science* 75: 950-958.
- UN (2020). Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>. Acceso 7 de marzo 2021
- Zhang, W.; Jiang F.; Ou J. (2011). Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences* 1(2): 125-144.

#1

PRESTOP®

Líder en Control Biológico
de enfermedades.

Máxima persistencia.



COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A.

Viladomat 321, 5 - 08029 Barcelona - Tel. 93 495 25 00 - Fax 93 495 25 02 - masso@cqmasso.com - www.massoagro.com

CORDIAL[®] **EXTRA**



**Máxima concentración
piretrina natural**

**Autorizado
en numerosos cultivos**

**Admitido en agricultura
ecológica**



 **MASSÓ**
AGRO DEPARTMENT

COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A.
Viladomat, 321 5º 08029 Barcelona
Tel. 93 495 25 00 · Fax 93 495 25 02
E-mail: masso@cqmasso.com
www.massoagro.com

2.11. Control de plagas en cultivos hortícolas: en camino hacia la sostenibilidad

Jan van der Blom

* jvdblom@coexphal.es

Dpto. Técnicas de Producción COEXPHAL

Índice

1.	Introducción	2
2.	Cambio climático	3
3.	Efecto de plaguicidas sobre la fotosíntesis	3
4.	Pimiento	3
5.	Tomate	4
6.	<i>Tuta absoluta</i>	6
7.	<i>Aculops</i>	7
8.	Nuevas posibilidades en tomate	7
9.	Cucurbitáceas	7
10.	Fungicidas	9
11.	Enfoque agroecológico, biodiversidad funcional, etc.	10
12.	Conclusiones	11

Resumen

En la mayoría de los cultivos hortícolas bajo cubierta en España, el control biológico forma la base del sistema de control de plagas. Ofrece alternativas al uso de plaguicidas contra los que las plagas desarrollan resistencia. No obstante, en todos los cultivos hay cuellos de botella, contra los que los métodos de control no siempre son satisfactorios. Observando un alarmante aumento de la presión de plagas por el cambio climático, el control biológico necesariamente tendrá un papel clave. Aparte de la cría y la comercialización de otras especies de fauna auxiliar, el enfoque se centra en el manejo agroecológico del cultivo y su entorno. Cada vez más, se reconoce el papel de fauna auxiliar que aparece de forma espontánea desde los alrededores. Para estimular las poblaciones de enemigos naturales de plagas, se colocan plantas de diferentes tipos en medio de los cultivos, ofreciendo alimentación complementaria en forma de presas alternativas o néctar y polen. Fuera de los invernaderos, se fomenta la biodiversidad por la plantación de setos u otras zonas verdes, con el objetivo de frenar los movimientos de plagas entre diferentes cultivos.

Las experiencias en el control de plagas han inducido un cambio profundo en el concepto de la horticultura. El reconocimiento de la funcionalidad directa de la biodiversidad implica el abandono del concepto de la horticultura en condiciones estériles. En el camino hacia la sostenibilidad, es un reto importante extender el nuevo concepto agroecológico a otras prácticas hortícolas, como el manejo del suelo o el uso de fungicidas. En función de la sostenibilidad, también conviene evaluar la normativa de horticultura ecológica, facilitando la optimización del uso de recursos básicos como agua y fertilizantes.

1. Introducción

Los cultivos hortícolas bajo cubierta están caracterizados por su alto volumen de producción, con cosechas durante la mayor parte del año. Más que en cultivos con cosechas estacionales, la tolerancia frente a plagas y enfermedades es baja en todos los momentos. Al mismo tiempo, la altísima concentración de invernaderos hortícolas en varias zonas del sureste de España genera una vulnerabilidad fitosanitaria, tanto por problemas habituales como por la repentina dispersión de patógenos invasores. Desde los inicios, los agricultores han utilizado productos fitosanitarios para controlar las plagas, inicialmente con una gama de plaguicidas limitada, pero poco a poco con cada vez más opciones. No obstante, a pesar de la continua sucesión de nuevas materias activas, el control químico no ha podido garantizar un sistema de control fiable y duradero, por el rápido desarrollo de resistencia de las plagas claves. En la horticultura española, la evolución de la resistencia fue claramente documentado con respecto al trips (*Frankliniella occidentalis*, Espinosa *et al.*, 2002 a y b), que durante muchos años ha causado enormes pérdidas en pimiento, sobre todo por ser el vector del virus del bronceado (TSWV). Por esta resistencia, los agricultores entraron en la dinámica de realizar cada vez más tratamientos, aumentando las dosis de plaguicidas, pero con cada vez menos eficacia. Como consecuencia, los residuos de plaguicidas llegaron a concentraciones intolerables, generando graves problemas comerciales en la exportación (Van der Blom *et al.*, 2008). El control biológico, como principal componente del control integrado de plagas, ha podido solucionar la mayoría de los problemas relacionados al uso excesivo de productos fitosanitarios. En el cultivo de pimiento, las sueltas de la fauna auxiliar llegaron a ser práctica general en Campo de Cartagena entre 1999 y 2001 (Van der Blom, 2002), y posteriormente en Almería, en 2007 (Van der Blom, 2008; Van der Blom *et al.*, 2008). Esta ‘revolución verde’ ha sido brusca en ambas zonas de producción.

A pesar de su importancia, el desarrollo del control biológico no siempre sigue el ritmo de la aparición de nuevas plagas. Siguen funcionando bien los ácaros y los chinches depredadores contra plagas ‘tradicionales’, pero hay pocas respuestas a nuevas amenazas. Contra las nuevas plagas, y contra algunas de las viejas, se actúa lo mejor posible según los principios del control integrado: aplicando medidas preventivas, trampas o tratamientos químicos compatibles con la fauna auxiliar. Estos tratamientos se deben de limitar a un mínimo, para evitar la resistencia de las plagas, puesto que hay muy pocas materias activas disponibles. No cabe esperar que aparezcan nuevos plaguicidas al ritmo necesario para ofrecer soluciones a medio y largo plazo. A continuación, se describen las tendencias más importantes con respecto a la sostenibilidad de los sistemas del control de plagas en los invernaderos hortícolas del SE de España.

2. Cambio climático

El cambio climático afecta directamente a la presión de plagas, tanto por un aumento de actividad y reproducción de las plagas presentes como por el riesgo de distribución de nuevas plagas invasoras (Lamichhane *et al.*, 2014). En los invernaderos mediterráneos, de los que menos del 5% tiene calefacción, el aumento de la temperatura se traduce en una prolongada actividad de plagas de artrópodos durante los meses de invierno. Entre la mitad de noviembre y finales de febrero, los agricultores en el SE de España no solían preocuparse por estas plagas. Sin embargo, en los últimos años las plagas prácticamente no han dado tregua, obligando a los agricultores que tomen medidas en pleno invierno. Para hacer frente a esta nueva situación, y considerando la rápida selección de las plagas hacia la resistencia contra plaguicidas, la búsqueda de nuevas soluciones debe enfocarse en métodos naturales y sostenibles, en vez de en los fitosanitarios químicos. Control biológico es clave en estos métodos, igual que la adaptación de las condiciones agroecológicas, tanto dentro como fuera de los invernaderos hortícolas.

3. Efecto de plaguicidas sobre la fotosíntesis

Cabe destacar que, en primer lugar, han sido motivos técnicos que motivaron a los agricultores para adoptar el uso de insectos y ácaros auxiliares en el cultivo de pimiento. Frente a la ineficacia de los plaguicidas, por la resistencia de las plagas, el control biológico ofreció grandes ventajas. Mejoraba mucho el control de especies claves, como trips y mosca blanca, y hubo notablemente menos daño por el virus del bronceado. Por otro lado, y de manera inesperada, se notaba una mejora en la productividad de los cultivos, probablemente por haber evitado el efecto negativo de los tratamientos con plaguicidas sobre el crecimiento de las plantas. Esto fue objeto de un estudio, acerca del efecto sobre la fotosíntesis de los productos fitosanitarios más utilizados entre 1999 y 2001 (Giménez *et al.*, 2020). Con la mayoría de los productos, tratamientos aislados no mostraban efectos significativos sobre la fotosíntesis, o solo efectos leves y transitorios. No obstante, se observaron reducciones significativas a causa de tratamientos con 8 de los 21 plaguicidas. En algunos casos, una sola aplicación de estos productos causó un efecto prolongado, con una bajada de fotosíntesis muy drástica, hasta más de una semana después del tratamiento. Sin duda, este efecto sobre la fotosíntesis puede ser mucho más pronunciado con la aplicación de mezclas de plaguicidas, como era habitual en los protocolos de control químico, o con tratamientos repetidos en breves espacios de tiempo (Giménez *et al.*, 2020).

4. Pimiento

En el cultivo de pimiento, la importancia de la fauna auxiliar contra trips, *Frankliniella occidentalis*, y mosca blanca, *Bemisia tabaci*, es fundamental e indiscutible. Las sueltas de *Amblyseius* spp. y *Orius laevigatus* (Figura 1) son una práctica común en todas las fincas, generalmente con resultados buenos. No obstante, los productores siguen considerando el trips como plaga principal, muchas veces a causa de una lenta instalación de la fauna auxiliar. En parte, los problemas de instalación son consecuencia de condiciones climáticas extremas: tantos los parasitoides como los depredadores son poco eficaces al inicio del cultivo, con temperaturas

altas, plantas pequeñas y humedades relativas extremadamente bajas, mientras que funcionan bien en cultivos frondosos y temperaturas más moderadas. Cuando la humedad relativa se sitúa por debajo del 50%, la reproducción de los Phytoseiidae, a que pertenecen todos los ácaros depredadores que se sueltan en la masa foliar, se ve gravemente afectada (Malais y Ravensberg, 2006), mientras que el trips prospera. Igualmente, el control de araña roja con ácaros depredadores, *Phytoseiulus persimilis*, depende de las condiciones climáticas. En estas condiciones, es imprescindible aumentar la humedad.



Figura 1. Flor de pimiento con *Orius laevigatus*

En la práctica, es una pequeña minoría de las fincas que disponen de sistemas de humidificación automatizada. Aunque muchos agricultores toman medidas manuales, por ejemplo, mojando los pasillos a mediodía, un mejor control de la humedad sigue siendo una tarea pendiente y necesaria para mejorar los resultados del control biológico. En general esto vale para todos los cultivos que empiezan en verano, como también las cucurbitáceas, donde los ácaros depredadores asumen un papel clave en el control de trips, mosca blanca y araña roja.

5. Tomate

Desde la introducción de las colmenas de abejorros para la polinización en los años 90, el uso de plaguicidas siempre ha sido muy limitado en los cultivos de tomate. Para el control biológico, las plantas de tomate tienen unas características particulares. Muchas especies de fauna auxiliar, frecuentemente utilizadas en otros cultivos, no son capaces de instalarse en ellas. En la actualidad, las sueltas de fauna auxiliar en tomate en el SE de España se limitan casi exclusivamente al mírido *Nesidiocoris tenuis*, eficaz depredador polífago, sobre todo de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) (Castañé et al., 2020) (Figura 2). Generalmente, se introduce *Nesidiocoris* sobre las plántulas en el semillero, por lo que pronto empieza su actividad como depredador en el cultivo. Aparte de actuar como depredador, también se alimenta, como otros homópteros, de la savia de las plantas (Figura 3). Esta característica zoo-fitófago tiene sus ventajas, pero también puede causar problemas. Una ventaja es que la especie ya puede instalarse y reproducirse sin depender del todo de sus presas vivas. Por esta alimentación, induce los sistemas de autodefensa de las plantas que empiecen a emitir compuestos volátiles, repelentes

para la mosca blanca y atrayentes para otros enemigos naturales (Pérez Hedo *et al.*, 2015). A consecuencia, las plantas con *N. tenuis* están mejor protegidas contra las plagas y los virus que transmiten. Por los buenos resultados contra *Bemisia tabaci* y TYLCV, aproximadamente el 85% de los productores de tomate inicia sus cultivos con este chinche verde (datos COEXPHAL). Sin embargo, cuando sus poblaciones alcanzan niveles altos, *N. tenuis* puede hacer daño a las plantas. En el SE de España, en el ciclo habitual con plantación al final del verano, esto suele ser manejable, porque tres meses después de inicio de los cultivos las temperaturas medias descienden de tal manera que la reproducción de *N. tenuis* se ralentiza y la población no alcanza niveles que provocan daños. A partir de la mitad de febrero, con el aumento de las temperaturas primaverales, de nuevo se observa un crecimiento rápido de las poblaciones, por lo que en abril-mayo se pueden encontrar síntomas de daño. Como esta época coincide con el final del ciclo de cultivo, generalmente ya no afecta a la cosecha. Ocasionalmente, cuando se observan daños por *N. tenuis* en octubre o principios de noviembre, hace falta algún tratamiento para bajar la población. En otras zonas de producción, con inviernos más cálidos, *N. tenuis* puede convertirse en una legítima plaga, por lo que la introducción de este mírido es indeseable. Igualmente, *N. tenuis* puede ser más problemático en el SE español para los ciclos de cultivo con plantación en primavera y la producción en verano.



Figura 2. *Nesidiocoris tenuis*, depredando una larva de *Liriomyza spec.*



Figura 3. *Nesidiocoris tenuis*, alimentándose de la planta de tomate

Otro factor limitante del sistema es que, a pesar de ser un depredador potente, *N. tenuis* no muestra suficiente eficacia contra algunas otras plagas importantes: La polilla del tomate (*Tuta absoluta*), vasates (*Aculops lycopersici*) y araña roja (*Tetranychus urticae*). Para complementar el trabajo de *N. tenuis*, o incluso sustituirlo, hay varios avances, incorporando otras especies de fauna auxiliar.

6. *Tuta absoluta*

A partir de 2006, *Tuta absoluta*, se ha convertido en una de las principales plagas en tomate del SE de España. Aunque el control químico continúa siendo la herramienta más comúnmente aplicada, la resistencia de la plaga contra las materias activas disponibles (Guedes et al., 2019) genera problemas de tal magnitud que muchos cultivos terminan a causa del daño de la polilla, mucho antes de lo deseado. *N. tenuis* puede ser un importante depredador de huevos y larvas pequeñas de *T. absoluta* en plantas pequeñas de tomate (Urbaneja et al., 2009), pero en plantaciones con plantas altas se pueden observar enormes poblaciones del mórdo coincidiendo con graves ataques de *T. absoluta* (Van der Blom et al., 2016). Mucho más eficaces son algunos enemigos naturales que aparecen de forma espontánea desde fuera. En la cuenca del Mediterráneo, se han descrito más de 70 especies de parasitoides y depredadores de *T. absoluta* (Zapalá et al., 2013), de las que hay una que destaca por su presencia y eficacia: *Necremnus tutae* (Figura 4). En Almería, se detectó un control de la plaga por este parasitoide en un cultivo en 2010, mientras que en 2015 se concluyó que su presencia se había extendido a toda la zona productora de tomate (Van der Blom et al., 2016). El enorme potencial de este parasitoide ha sido demostrado entre 2017 y 2019, cuando se realizó un muestreo periódico en más de 60 cultivos. Se alcanzó un control total de la polilla por *N. tutae* en el 70% de las fincas, sin pérdidas significativas en la cosecha (Crisol & Van der Blom, 2018, 2019). En el otro 30%, casi siempre se detectó el parasitoide, pero su desarrollo fue obstaculizado por tratamientos químicos incompatibles.



Figura 4. *Necremnus tutae*

Hasta la fecha, no se ha conseguido criar *N. tutae* en masa. No está disponible de forma comercial, por lo que es fundamental que se realice un monitoreo para detectar su presencia y que se respete con un manejo sostenible del cultivo. Hay que prescindir de los tratamientos que afectan a los parasitoides himenópteros, como el azufre en espolvoreo y otras materias activas. Para ofrecer recursos alimenticios suplementarios para himenópteros parasitoides, néctar y polen, se recomienda la plantación de plantas con una prolongada floración, como *Lobularia marítima* (Figura 5). Se recomienda iniciar el control biológico con el parasitoide de huevos *Trichogramma acheaea*. Este frena el desarrollo de la plaga (Cabello *et al.*, 2009), pero generalmente no se instala suficientemente bien para controlar *T. absoluta* (COEXPHAL datos sin publicar). Aparte del control biológico, se pueden utilizar técnicas complementarias, como la confusión sexual mediante difusores de feromonas, o las trampas de diferentes tipos.



Figura 5. *Lobularia marítima*, planta auxiliar dentro de los invernaderos

7. *Aculops*

Vasates (*Aculops lycopersici*), puede ser muy virulento y difícil de manejar. Las posibilidades para el control con fauna auxiliar son muy escasas, debido a las características de la planta. Vasates, minúsculos ácaros, encuentra refugio por debajo de los tricomas glandulares, que producen el 'verdín'. Precisamente por estos tricomas, el tomate es poco accesible para muchos enemigos naturales, como la mayoría de los ácaros depredadores. Es una plaga que prospera en condiciones de sequía, condiciones poco favorables para la mayoría de la fauna auxiliar. Igualmente, araña roja (*Tetranychus spp*) no es fácil de controlar con ácaros depredadores, debido a las condiciones especiales de las plantas de tomate.

8. Nuevas posibilidades en tomate

En la actualidad, se realizan interesantes proyectos que ofrecen nuevas perspectivas para el control biológico en el cultivo de tomate. Varios estudios han demostrado que es posible mantener poblaciones de ácaros depredadores en la masa foliar de tomate, con buenos

resultados para el control de *Aculops*, con la aportación de alimento específico, en forma de ácaros astigmátidos (Vilá *et al.*, 2020) o con polen (Pijnakker *et al.*, 2020). En ambos casos, se trabaja en la optimización de dichas prácticas para la aplicación en condiciones comerciales. Una línea totalmente nueva para favorecer la actuación de ácaros depredadores en tomate consiste en la selección genética de variedades que no tienen tricomas glandulares ('Clean Leaf', Casa de semillas Rijk Zwaan). Aunque todavía queda mucho por evaluar con respecto a la sensibilidad frente a plagas y enfermedades, las primeras pruebas en invernaderos comerciales demuestran una buena instalación de *Amblyseius swirskii*. Posiblemente, el desarrollo de estas variedades abre un nuevo camino, facilitando un sistema de control de plagas parecido a los exitosos sistemas en otros cultivos, como pimiento.

9. Cucurbitáceas

En cucurbitáceas, la base del control biológico es la introducción de ácaros depredadores, del género *Amblyseius*, que actúan contra trips y mosca blanca. Puesto que la floración de estos cultivos es escasa en ciertos periodos, y a menudo produce poco polen, es deseable reforzar las poblaciones de los ácaros depredadores con alimentación específica, en forma de ácaros de polvo (ácaros astigmátidos) o polen aplicado sobre las hojas.

Desde 2013, una de las mayores preocupaciones en cultivos de cucurbitáceas, sobre todo en calabacín, es el 'Virus de Nueva Delhi' (ToLCNDV), transmitido por *Bemisia tabaci*. A consecuencia de este virus, el nivel de tolerancia de la mosca blanca es muy bajo. Es por esta razón que muchos agricultores han optado por tratamientos químicos, por lo que el uso de control biológico se ha limitado a, aproximadamente, el 50% de los cultivos de pepino y menos del 20% de los de calabacín (Datos: COEXPHAL). No obstante, la protección por insecticidas no es, en absoluto, completa y las pérdidas a causa del virus son muy cuantiosas. Resultados con control biológico, en cambio, son muy alentadores. En ensayos del IFAPA en Almería, se ha demostrado que las plantas de calabacín con ácaros depredadores son mucho menos atractivas para mosca blanca que aquellas sin ácaros, por lo que son menos vulnerables frente al virus (Téllez *et al.*, 2017). En campo, se observa una incidencia baja del virus de Nueva Delhi en los invernaderos con control biológico, en comparación con los que dependen exclusivamente de los plaguicidas químicos.

Plagas que pueden desarrollarse de manera explosiva en cucurbitáceas son pulgón y araña roja. Su control se basa en la anticipación, un monitoreo continuo y la actuación sobre los primeros focos que se detectan. De cara al pulgón, *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*, es recomendable planificar la cría de fauna auxiliar sobre plantas reservorio. Originalmente, para ella se utilizaban macetas con un cereal, inoculado con una especie de pulgón específica, *Rhopalosiphum padi* o *Sitobion avenae*, que no puede vivir en el cultivo. Estos pulgones son presas para los mismos parasitoides, *Aphidius* spp., que pueden controlar *Aphis* o *Myzus*. Actualmente, muchos agricultores siembran grandes cantidades de cereal entre los cultivos (Figura 6), desde el inicio de sus cultivos, para la cría masiva de alguno de los pulgones mencionados, y posteriormente de la fauna auxiliar. Aparte de los himenópteros parasitoides, se implica una amplia gama de depredadores, como el mosquito cecidómido *Aphidoletes aphidimyza*, coccinélidos, crisopas o sírfidos. Aunque varios de ellos son comercialmente disponibles, hay una gran contribución de especies que aparecen de forma espontánea desde los alrededores. Al margen de los cereales,

también se empiezan a valorar otras combinaciones de plantas con pulgones propios, con el propósito de diversificar la 'oferta' de presas alternativas. Ejemplos de plantas que se siembran, o se conservan cuando crecen de forma espontánea, son la cerraja (*Sonchus oleraceus*) con *Uroleucon sonchi*, o el hinojo (*Foeniculum vulgare*) con el pulgón del hinojo, *Hyadaphis foeniculi*.



Figura 6. Cebada plantada en un cultivo de sandía, para la cría masiva de fauna auxiliar del pulgón de cereal

Hay varias especies de ácaros depredadores con papeles importantes contra araña roja, *Tetranychus urticae*. Las especies de *Amblyseius*, introducidas principalmente contra mosca blanca y trips, pueden tener un efecto preventivo, depredando la plaga cuando todavía hay una baja densidad. En cuanto ya se observen focos de araña roja, la especie más indicada para controlarla es *Phytoseiulus persimilis*, introducida directamente en los focos. En todos casos, la actuación de los ácaros depredadores depende mucho de las condiciones climáticas. Como se ha explicado anteriormente, es de primera importancia evitar que la humedad relativa alcance valores por debajo del 50% en periodos calurosos, mediante sistemas de humidificación.

10. Fungicidas

La implementación del control biológico ha facilitado una impresionante reducción en el uso de plaguicidas. Tabla 1 muestra una comparación de los resultados de los análisis de residuos en cosechas de pimiento, realizados antes (campaña de 2006-2007) y después de esta transición (2012-2013). En el último año antes esta implementación, 2006-2007, todas las muestras tenían residuos, y el hasta el 21% presentaba concentraciones superiores a los límites máximos (LMR) permitidos. En cambio, en 2012-2013 ya había un 24,6% totalmente libre de residuos y la detección de muestras con concentraciones superiores a los LMR era anecdótica (0,4%).

La reducción del uso de productos fitosanitarios se manifiesta sobre todo en los insecticidas y acaricidas, sustituidos por la fauna auxiliar. No obstante, no ha habido muchas alternativas para el uso de fungicidas. En 2006-2007, los fungicidas representaban el 22% de los residuos detectados, contra el 68% en 2012-2013 (Tabla 1). También en los otros cultivos hortícolas, la mayoría de los residuos actualmente proviene de fungicidas. Es evidente que las mejoras del

control de enfermedades fúngicas precisan otros esfuerzos importantes. Esto pasa por un mejor control de clima, para evitar excesos de humedad y temperatura, pero también por cambios fundamentales en el manejo general del cultivo y del suelo. Para ello, hay que aplicar el conocimiento sobre la importancia de la interacción con diversos (micro-) organismos para la inducción de la autodefensa de las plantas contra patógenos, documentado por muchos autores.

Tabla 1. Resultados de los análisis de residuos en pimiento, realizados por el laboratorio de COEXPHAL

	Campaña 2006-2007	Campaña 2012-2013
Muestras libres de residuos*	0%	24,6%
Muestras con residuos en concentraciones superiores a los Límites Máximos de Residuos (LMR)	22,5%	0,4%
% de los residuos detectados que corresponden a insecticidas o acaricidas	78%	37%
% de los residuos detectados que corresponden a fungicidas	22%	63%

*Libre de residuos o con residuos detectados en concentraciones inferiores a 0,01 ppm
Datos COEXPHAL, sin publicar

11. Enfoque agroecológico, biodiversidad funcional, etc.

En todos los cultivos es urgente completar las soluciones biológicas a las plagas emergentes, puesto que el control químico se enfrenta a serias limitaciones. En parte, estas soluciones consisten en buscar otras especies auxiliares que se presten para ser criadas y liberadas en invernaderos. No obstante, probablemente más importante es la adaptación agroecológica de los cultivos y sus entornos para fomentar el control biológico por conservación (Messelink *et al.*, 2014). Para facilitar un papel principal a la fauna auxiliar, hay que crear condiciones favorables para una amplia gama de especies. Ya existe un papel importantísimo, y cada vez más reconocido y documentado, de enemigos naturales que invaden los cultivos de forma espontánea. Algunas plagas han perdido importancia por la actuación espontánea de la fauna auxiliar. Esto es el caso del minador, *Liriomyza* spp., que fue una plaga principal en los años '90, pero cuya presencia actual es casi anecdótica por la actuación de un complejo de parasitoides que aparece de los alrededores (Tellez Navarro y Yanes Figueroa, 2004). Igual de importante pueden ser los parasitoides de *Tuta absoluta*, como anteriormente mencionado, y también una gran cantidad de parasitoides y depredadores de pulgón, de mosca blanca, de trips etc. En una encuesta recientemente realizada por COEXPHAL, el 30% de los agricultores de pimiento afirma que en su cultivo había visto enemigos naturales de pulgón que no habían soltado. Para ofrecer refugio y alimentación adicional a estos enemigos naturales, ya es habitual colocar 'plantas auxiliares' con abundante floración, como *Lubularia marítima*, en medio de los cultivos (Figura 7). Alrededor de los invernaderos, hay cada vez más iniciativas para romper la hegemonía de las plagas, y frenar su dispersión, mediante las plantaciones de setos y bosques islas (Figura 8). Para ello, se utiliza una combinación de especies arbustivas autóctonas, seleccionadas en función de sus características florales, su capacidad como planta reservorio y otros criterios relevantes

(Rodríguez *et al.*, 2017). En los últimos años, ya se han plantado centenares de kilómetros de setos en las zonas de horticultura intensivo en el SE de España, contribuyendo a un cambio del paisaje más diversificado y resiliente frente a plagas.



Figura 7. Seto, plantado para aumentar biodiversidad

Utilizando las experiencias del control de plagas en la masa foliar, es deseable que la visión agroecológica se extienda a otros aspectos agronómicos, como el manejo de los suelos. La gran mayoría de los agricultores todavía practica desinfecciones, por solarización y, periódicamente, por la aplicación de compuestos químicos. Algunos de ellos son altamente tóxicos y de ninguna manera selectivos. Hay prácticas alternativas para poder prescindir de estos desinfectantes, sin sufrir daños graves por patógenos de suelo. Por el auge de la horticultura ecológica, que en Europa tiene como norma inquebrantable que los cultivos deben tener sus raíces en suelo, se ha parado el desarrollo del uso de sustrato, o los cultivos hidropónicos. Esta norma hay que reevaluarla, porque no cabe duda de que los cultivos en sustrato ofrecen grandes ventajas de cara a la sostenibilidad. Permiten la recuperación y recirculación del agua de drenaje, con que se consigue una optimización del uso de agua y los fertilizantes. Además, por el cambio del sustrato después de varios ciclos de cultivo, se evita la proliferación de plagas y enfermedades radiculares. Hay varios sustratos en el mercado que pueden ser fácilmente reciclados después de su uso, por lo que no generan residuos difíciles de gestionar. Esto es el caso del sustrato más utilizado en este momento, la fibra de coco (Figura 8). Pero de la misma horticultura ecológica también nacen experiencias que demuestran que es posible encontrar un balance (micro-) biológico en el propio suelo, manteniendo los patógenos a niveles muy bajos, sin realizar desinfecciones. Además, se aprovecha mejor las relaciones simbióticas entre las plantas y diversas especies de hongos y bacterias que ayudan a las plantas en la adsorción de nutrientes (Marín Guirao *et al.*, 2019 a y b) y a activar los sistemas de autodefensa contra patógenos. La base de este balance es la aportación de materia orgánica (Figura 9), una fertilización medida, rotaciones ocasionales de cultivo etc. Para seguir disminuyendo la dependencia de plaguicidas, y manteniendo rentabilidad, es urgente priorizar la implementación de estas prácticas a gran escala, también en la horticultura convencional



Figura 8. Cultivo de tomate en sustrato orgánico, con plantas auxiliares, con sistemas de recolección y recirculación de caldo de drenaje



Figura 9. Incorporación de restos vegetales en el suelo de un cultivo ecológico

12. Conclusiones

Para España, el control biológico ha sido la salvación de sus productos hortofrutícolas más importantes, con enormes implicaciones económicas. Gracias a 'los bichos', la horticultura goza de una excelente posición en el mercado internacional, que se traduce en una facturación anual de cientos de millones de euros. En términos técnicos, la implementación del control biológico ha sido el primer paso hacia un cambio radical del concepto de producción en invernaderos. Hasta hace poco, las recomendaciones de los técnicos agrícolas, y los servicios de extensión agraria de la administración, eran de desinfectar los invernaderos, tratar plagas y enfermedades con sus plaguicidas correspondientes. Se consideraba necesario eliminar 'malas hierbas', igual que la vegetación pegada a los invernaderos, para evitar todos los 'potenciales focos de plagas y enfermedades'. En otras palabras, se pretendía realizar una producción hortícola en condiciones estériles. Este concepto ha llegado a un punto muerto, tanto por el desarrollo de

resistencia a las materias activas químicas de las plagas como por problemas medioambientales. En cambio, con la suelta de bichos y la plantación de flores y setos, se reconoce que la biodiversidad es directamente funcional y rentable. Es la única salida hacia un sistema fitosanitario sostenible.

Bibliografía

- Cabello, T.; Gallego, J.R.; Vila, E; Soler, A.; Pino M. Del; Carnero, A.; Hernández, E.; Polaszek, A. (2009). Biological control of The South American Tomato Pinkworm, *Tuta absoluta* with releases of *Trichogramma achaeae* in tomato greenhouses of Spain. OIBCwprs Bull. 49: 225-230.
- Crisol Martínez, E.; Van der Blom, J. (2019). *Necremnus tutae* is widespread and efficiently controls *Tuta absoluta* in tomato greenhouses in S-E Spain. IOBC-WPRS Bulletin, 147: 22-29.
- Espinosa, P. J.; Bielza, P.; Contreras, J.; Lacasa, A. (2002a) Field and Laboratory Selection of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) for Resistance to Insecticides. Pest Management Science: 58(9): 920-927
- Espinosa, P. J.; Bielza, P.; Contreras, J.; Lacasa, A. (2002b) Insecticide resistance in field populations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in Murcia (South-East Spain). Pest Management Science: 58(9): 967-971
- Giménez–Moolhuyzen, M.; van der Blom, J.; Lorenzo–Mínguez, P.; Cabello, T. & Crisol–Martínez, E. (2020). Photosynthesis Inhibiting Effects of Pesticides on Sweet Pepper Leaves. Insects 11(2), 69; <https://doi.org/10.3390/insects11020069>.
- Lamichhane, J.R.; Barzman, M., Booij, K.; Boonekamp, P.; Desneux, N.; Huber, L.; Kudsk, P.; Langrell, S.R.L.; Ratnadass, A; Ricci, P; Sarah, J.L.; Messéan, A. (2014). Robust cropping systems to tackle pests under climate change. A review. Agron. Sustain. Dev. 35 (2015), 443–459. DOI 10.1007/s13593-014-0275-9
- Malais, M.H.; Ravensberg, W.J. (2006). Conocer y reconocer: las plagas de cultivos protegidos y sus enemigos naturales. Koppert Biological Systems, Berkel en Rodenrijs, NL. 288 pp.
- Marín-Guirao, J.I.; de Cara-García, M.; Crisol-Martínez, E.; Gómez-Tenorio, M.A.; García-Raya, P.; Tello-Marquina, J.C. (2019^a). Association of plant development to organic matter and fungal presence in soils of horticultural crops. Annals of Applied Biology 174: 339-348
- Marín-Guirao, J.I.; de Cara-García, M., Tello-Marquina, J.C. (2019b). Efecto de la biodesinfección de suelos sobre las comunidades fúngicas edáficas asociadas a cultivos hortícolas. Ecosistemas 28(3): 63-72. Doi.: 10.7818/ECOS.1708
- Messelink, G.J.; Bennison, J.; Alomar, O.; Ingegno, B.L.; Tavella, L.; Shipp, L.; Palevsky, E.; Wäckers, F.L. (2014). Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. BioControl 59: 377–393.

2. Tecnología de producción

- Pérez-Hedo, M.; Urbaneja-Bernat, P.; Jaques, J.A.; Flors, V.; Urbaneja, A. (2015). Defensive plant responses induced by *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) on tomato plants. *J of Pest Science*, 88: 543-554
- Pijnakker, J.; Hurriyet, A.; Overgaag, D.; Petit, C.; Vangansbeke, D.; Duarte, M.; Moerkens, R.; Wäckers, F. (2020). Crowd control: well established predator populations can reduce damage by tomato russet mite *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae). *IOBC-WPRS Bull.* 149: 83-84.
- Rodríguez, E.; González, M.; Paredes, D.; Campos, M.; Benítez, E. (2017) Selecting native plants for ecological intensification in Mediterranean intensive protected horticulture. *Bull. Entomol. Res.* 108: 694-704
- Van der Blom, J. 2005. Control biológico en cultivos hortícolas bajo abrigo. *Horticultura* 189: 10-16.
- Van der Blom, J. 2007. Control de plagas en Almería: El año de la transición. *Horticultura* 200: 36-42.
- Van der Blom, J. (2008). Control biológico en pimiento bajo abrigo. En: Jacas, J. & Urbaneja, A. (Eds.). *Control biológico de plagas agrícolas*. Phytoma España, Valencia. 399-409
- Van der Blom, J.; Robledo, A.; Torres, S.; Sánchez, J.A.; Contreras, M. (2008). Control Biológico de plagas en Almería: Revolución Verde después de dos décadas. *Phytoma España* 198: 42-48.
- Téllez Navarro M.M.; Yanes Figueroa M. (2004). Estudio del parasitismo natural del minador de hojas, *Liriomyza* spp. en cultivo de judía bajo invernadero plástico en la provincia de Almería. *Bol San Veg Plagas* 30:563–571
- Téllez, M. M.; Simon, A.; Rodriguez, E.; Janssen, D. (2017). Control of Tomato leaf curl New Delhi virus in zucchini using the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Biol. Control* 114: 106-113
- Urbaneja, A.; Montón, H.; Mollá, O. (2009). Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *J. Appl. Entomol.* 133: 292-296.
- Vila, E.; Castañé, C.; Alomar, O; Riudavets, J.; Arévalo, A.B. (2020). Biocontrol of *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari, Eriophyidae) on tomato with releases of a predatory mite. *IOBC-WPRS Bull.* 149: 85-86.
- Zappalá, L.; Biondi, A.; Alma, A.; Al-Jboory, I. J.; Arno, J.; Bayram, A.; Chailleux, A.; El-Arnaouty, A.; Gerling, D.; Guenaoui, Y.; Shaltiel-Harpaz, L. (2013). Natural enemies of the South American moth, *Tuta absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. *J. Pest Sci.* 86: 635-647.

Acolchados biodegradables en suelo, una solución actual y de futuro para una agricultura más sostenible

El uso de acolchados biodegradables en suelo es una solución real para la agricultura que se viene utilizando desde hace más de 20 años

Los acolchados tradicionales, todavía muy utilizados en el sector agrícola, presentan un grave problema para el entorno y el medioambiente cuando se convierten en pequeños fragmentos, microplásticos, difíciles de recuperar del suelo tras la recogida de la cosecha.

Dispuestos sobre el terreno y válidos para un único ciclo de cultivo, los films para acolchado agrícola convencional, fabricado en LDPE, son usados en el campo durante un breve periodo de tiempo, para cultivos hortícolas de entre 3 y 6 meses, por lo que generan una gran cantidad de residuos al año. Además, al estar en contacto con la tierra, contienen un alto índice de impurezas (restos de cultivo y tierra) que dificulta su retirada y su posterior reciclado. La dificultad de procesado y la baja calidad de los materiales regenerados trae consigo un importante problema en su eliminación al final de la vida útil, lo que ha llevado a China a incluir los films agrícolas entre las 24 categorías de residuos plásticos cuya importación está prohibida desde 2018²⁸.

En Europa, se usan más de 86.000 toneladas al año de plásticos para acolchado, en su gran mayoría corresponden a productos de plástico convencional. De estas, se calcula que unas **15.000 toneladas de film de polietileno se introducen en los suelos europeos cada año**²⁹. Extremadamente

delgados y frágiles, estos restos permanecen muchos años acumulándose en el suelo.

Para evitar su impacto medioambiental, los acolchados de plástico convencional deben retirarse del suelo, incrementando así los costes de gestión de los agricultores, cuando se retiran y gestionan de forma correcta.



Aplicación de film biodegradable en Mater-Bi® en cultivo de lechuga

Si los acolchados de plástico convencional no se retiran del campo de forma adecuada y completa, al final de su vida útil, pueden permanecer en el suelo durante muchos años. Según un estudio de *Organic Waste System (OWS)*, cuanto más delgado es el film

²⁸ ICEX España Exportación e Inversiones: China limita las importaciones de residuos. Enero - 2018 | Oficina Económica y Comercial de España en Shanghai

²⁹ Comisión Europea, 2016, Commission Staff Working Document, SWD(2016) 64 final, 2016

CUANDO LA AGRICULTURA SOSTENIBLE TAMBIÉN ES LA MÁS RENTABLE



Únete a la solución de los acolchados biodegradables en suelo MATER-BI de NOVAMONT

- **Certificado biodegradable en suelo** según estándar europeo UNE EN 17033.
- Ahorro del consumo de **recursos hídricos**, **sin costes de retirada** del acolchado al **no generar residuos**.
- **Fácil de instalar** en una amplia gama de cultivos.
- **Los materiales biodegradables y compostables certificados** son los mejores aliados de los agricultores: permiten generar **compost de calidad**, libre de **microplásticos**, que actúa como un **fertilizante de bajo coste y sostenible**.

MATER-BI ¿QUÉ ES?

MATER-BI, diseñado y desarrollado por **NOVAMONT**, es una innovadora familia de bioplásticos que utiliza materias primas vegetales. Gracias a sus propiedades biodegradables y compostables, permite una gestión óptima de los residuos orgánicos durante todo el ciclo de producción - consumo - tratamiento final.

Uno de los componentes que se utilizan para elaborar **MATER-BI** es la familia de biopolíesteres **ORIGO-BI**, que se obtienen de materias primas de fuentes renovables en un proceso de fabricación integrado con el uso de tecnología propia de **NOVAMONT**.

CARACTERÍSTICAS

- Biodegradable y compostable según el estándar europeo UNE EN-13432.
- Biodegradable en suelo para aplicaciones agrícolas según el estándar europeo UNE EN-17033.
- Versátil y con excelente procesabilidad.
- Altos estándares de rendimiento.

Los productos **MATER-BI** se utilizan en diferentes sectores entre los cuales; la distribución, la gestión de los residuos orgánicos, foodservice, envases alimentarios y el sector agrícola (desde acolchados biodegradables en suelo a clips y rafia compostable para entutorado de invernaderos).

Nuestro modelo de bioeconomía circular nos ha convertido en la primera empresa química del mundo en obtener la Certificación B Corp, que reconoce el **IMPACTO POSITIVO** de nuestra actividad en la **SOCIEDAD** y en el **PLANETA**, contribuyendo a hacer un mundo mejor y más sostenible.

Novamont ha sido distinguida, por segundo año consecutivo, como **"Best for The World 2022"** en el área de impacto de **MEDIO AMBIENTE** al haber alcanzado las más altas puntuaciones a nivel global.

Empresa



Certificada



2022

¡Visita nuestra web!



más fragmentos genera y, por tanto, son más difíciles de recuperar³⁰. Por ejemplo, se ha estimado que, para un film de 20 µm (80 galgas) en un ciclo de cultivo anual, se pueden acumular en el suelo hasta 460

kg/ha en diez años. A este fenómeno de acumulación de plástico en el suelo los expertos lo llaman “white pollution”, contaminación blanca.

Los acolchados biodegradables en suelo evitan la contaminación del suelo

Una **solución a esta problemática viene desde del mundo de los bioplásticos**. De hecho, desde hace unos años se ha generalizado el uso de films de acolchado biodegradables en el suelo para la agricultura. **NOVAMONT** ha sido pionera con sus biopolímeros biodegradables en suelo para acolchados, **Mater-Bi®**, desarrollados hace más de veinte años y que han sido certificados como biodegradables en suelo de acuerdo con la certificación “**Ok Biodegradable Soil**” y la norma europea **UNE EN-17033**, que asegura su completa biodegradabilidad en las condiciones ambientales normales del suelo.

suelo, ecotoxicidad y características mecánicas y ópticas. Su certificado se emite de conformidad con el protocolo DIN CERTCO.



La **norma europea UNE EN-17033³¹** es el estándar europeo que define las características que los acolchados biodegradables deben tener para cumplir con los criterios de biodegradabilidad en el

Los acolchados biodegradables permiten ahorrar costes en la retirada gracias a su biodegradabilidad en suelo

Acolchados certificados biodegradables en suelo que no hay que retirar ni reciclar

Con el uso de acolchados agrícolas biodegradables en suelo como los elaborados en Mater-Bi®, que se biodegradan completamente por la acción de los microorganismos una vez incorporados en el suelo al final del cultivo, **se elimina el coste de retirada y reciclaje del plástico convencional, y se evita por completo la contaminación del suelo por fragmentos de plástico y microplásticos.**

Es importante señalar que la correcta gestión de los acolchados tradicionales implica la retirada del material del campo al final de cada ciclo de cultivo (film de plástico mezclado con gran cantidad de tierra) y el transporte hasta la planta de reciclado, donde será necesario un lavado previo al reciclaje para la obtención de un subproducto de baja calidad.

³⁰ Accumulation of (bio)degradable plastics in soil. CIPA Congress 2018, Arcachon, May 29, 2017

³¹ <https://www.en.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une?c=N0060868>

Los acolchados biodegradables en suelo, ¿son más caros?

Para evaluar la conveniencia económica de utilizar films biodegradables hay que tener en cuenta al menos dos aspectos clave para poder hacer un análisis real de los costes del cultivo:

- La **cantidad de material necesario por hectárea**, que en el caso de los materiales biodegradables es menor, ya que se requiere un grosor inferior al de los plásticos convencionales al no tener que retirarse del terreno.
- **Los costes de gestión y tratamiento de los materiales al final de su vida útil**, que en el caso de los acolchados biodegradables son nulos, mientras que en el caso de los acolchados convencionales son muy elevados.

Cuando los agricultores ponen en la balanza además del precio inicial que supone el uso de acolchados biodegradables (habitualmente con un precio €/kg superior a los plásticos convencionales), frente a los altos costes derivados de la correcta gestión requeridos de los residuos de plásticos agrícolas convencionales, que se evitan por completo con el uso de acolchados biodegradable en suelo certificados, muchos profesionales apuestan por los beneficios de sustituir los plásticos no biodegradables por opciones realmente sostenibles. A esto hay que añadir que, precisamente por el alto nivel de suciedad y tierra adherida los residuos de los plásticos no biodegradables en suelo, pueden llegar a contener entre un 50-70% de impurezas, mayor cuanto más bajo es su espesor, **el film para acolchado fabricado en plástico convencional no es nada fácil ni, por supuesto, económicamente rentable de reciclar.**

¿Qué pasa con los acolchados biodegradables tras el cultivo? Se mezclan en el suelo con los restos vegetales, siendo

digeridos por los microorganismos del estrato que los transforma en CO₂, biomasa y agua.

Es importante destacar que no necesitan aplicación especial y que **se pueden colocar con las mismas máquinas acolchadoras y acolchadoras-trasplantadoras que se usan para el plástico convencional**, por tanto, no suponen nuevos gastos o inversión en maquinaria.

Hasta ahora se ha probado la eficacia de su uso en muchos tipos de hortalizas con un ciclo de cultivo de 3 a 6 meses, pero también se ha probado su eficacia desde hace décadas en diferentes técnicas de cultivo, incluida la ecológica, que gracias a sus ventajas agronómicas permiten mejorar y optimizar la producción de los diferentes cultivos. Destacamos la finca ecológica “**Cal Valls**”, como referente de la **agricultura ecológica en nuestro país, como caso de éxito en la utilización de acolchados biodegradables desde hace más de 20 años**, con claros beneficios y ventajas en su producción.

Por otro lado, el uso de acolchados biodegradables en suelo también es interesante para cultivos de frutos como la frambuesa, ya que elimina el uso de herbicidas y permite que el fruto sea recogido en las condiciones de higiene óptimas. Respecto a las ventajas agronómicas, mencionadas anteriormente, es importante resaltar la **reducción de la demanda hídrica de los cultivos**, ahorrando, por tanto, en el consumo de agua, puesto que el acolchado permite mantener la tierra húmeda durante más tiempo, evitando la evaporación y mejorando gracias a la acción del sol la **temperatura de la tierra**, convirtiéndola en óptima para el **desarrollo de las raíces de la planta.**

Otras soluciones en Mater-Bi® para la agricultura

Otra técnica habitual en los cultivos es la **tutorización de las plantas**, que tiene como objetivo dirigir el crecimiento de la planta para que sea óptimo. Para esta tarea se suelen utilizar clips e hilos producidos a partir de plásticos convencionales que pueden acabar contaminando los suelos del cultivo.

Por ese motivo, los **clips e hilos compostables** son una solución adicional para sustituir plásticos convencionales por alternativas más sostenibles que facilitan el trabajo a los agricultores. El uso de este tipo de aplicaciones tiene la ventaja que al final del cultivo se puede retirar junto con los restos de las plantas y **permite hacer** compost de calidad son problemas de contaminación por restos de plásticos.

Mientras que en el caso de los acolchados el estándar de referencia para garantizar la biodegradabilidad en suelo de los materiales es la UNE EN 17033, en el caso de **los clips e hilos compostables** tienen que **cumplir con el estándar europeo UNE EN 13432** para garantizar su completa compostabilidad sin efectos tóxicos.



Clip y tutor compostable en Mater-Bi®

Novamont lleva décadas apostando por el cuidado de los suelos

Hoy sabemos que el suelo es un recurso no renovable que necesita alrededor de 2.000 años para formar una capa de estrato de tan solo 10 cm, siendo este de vital importancia para la productividad del sector agrícola y el crecimiento de las plantas. Además, es el mayor depósito de carbono del planeta, teniendo un importante papel a la hora de revertir las emisiones producidas por la actividad humana hasta la fecha.

Por todo esto, para [Novamont](#) el sector agrícola y la salud del suelo son piezas clave en su modelo de negocio biocircular, donde a partir de recursos de fuentes renovables se promueve la circularidad de los productos, la salud del suelo y la constante investigación e innovación en este sentido.

Como dato, **el personal de la empresa dedicado exclusivamente a I+D+i representa más de un 20% del total de la plantilla**, dedicando anualmente al menos

un 5% de los beneficios de la compañía a actividades de investigación, obteniendo más de 1.800 patentes que proponen soluciones para la gestión de los residuos, sistemas de cultivo de bajo impacto económicamente sostenibles y mejora de la fertilidad y salud de nuestros suelos.

En pocas palabras, **¿por qué la biodegradación es la mejor opción actual y de futuro?** Porque forma parte del ciclo natural de la vida del planeta Tierra, ayuda a la recuperación y salud del suelo y supone un futuro para el desarrollo del sector agrícola.

Para más información, puedes seguirnos en nuestras redes sociales:

 [@Novamont_Iberia](#)
 [Novamont Iberia](#)
 [@novamont_group](#)

2.12. Plásticos para la agricultura

Juan José Magán Cañadas^{1*} e Isabel Goyena García-Tuñón²

* juanjosemagan@fundacioncajamar.com

¹Fundación Cajamar

²Ciclopast

Índice

1. Importancia de la plasticultura en España
2. Generalidades de los plásticos
3. Evolución de los plásticos para uso agrícola
 - 3.1. Plásticos para la cobertura de los invernaderos
 - 3.2. Filmes para dobles cámaras en invernaderos
 - 3.3. Acolchado
 - 3.4. Filmes para desinfección
 - 3.5. Otras aplicaciones de los plásticos en agricultura
4. Producción de residuos plásticos en usos agrarios
 - 4.1. Producción de residuos filmes plásticos
 - 4.2. Evolución de la producción de residuos de filmes en cultivos
5. Gestión de residuos plásticos agrarios
 - 5.1. Evolución del ámbito legal en España
 - 5.2. Evolución del ámbito legal en Andalucía
 - 5.3. El reciclado de plásticos de uso agrario
 - 5.4. Evolución del reciclado de filmes de uso agrario en Andalucía
 - 5.5. Tecnologías de reciclado

Resumen

España es una referencia mundial en el ámbito de la plasticultura, situándose en primer lugar en el ranking de ventas de filmes plásticos agrícolas por países en Europa. A ello ha contribuido el rápido aumento desde los años 70 de la superficie de cultivo invernada, pero también de otras formas de plasticultura, tales como la técnica de acolchado y el cultivo bajo túnel.

El desarrollo de la plasticultura ha motivado la aparición de una industria auxiliar de producción de plásticos para uso agrícola innovadora y competitiva, lo que ha permitido una mejora continua de los filmes disponibles comercialmente. En cuanto a los polímeros utilizados, se ha pasado del polietileno de baja densidad a su combinación con el copolímero EVA mediante la tecnología de coextrusión, y al uso de estructuras de polietileno con mejores propiedades mecánicas (polietileno lineal de baja densidad) o con características muy concretas (mediante

la incorporación de metalocenos). Pero el principal avance se ha producido a través del uso de nuevos y mejores aditivos, los cuales son imprescindibles para modificar o mejorar las propiedades del polímero. La incorporación de estabilizantes capaces de captar los radicales libres (HALS) cada vez más avanzados ha permitido mejorar la resistencia a agroquímicos, de forma que actualmente se puede garantizar una resistencia a azufre de 5000 ppm o incluso más. Asimismo, se ha avanzado considerablemente en otras prestaciones de los filmes plásticos, tales como la difusividad, el efecto antigoteo, la termicidad, etc.

Por otro lado, se han desarrollado filmes específicos para otras aplicaciones, como es la instalación de dobles cámaras en invernaderos, la solarización, la desinfección química o la técnica de acolchado. En aquellas aplicaciones en las que el plástico entra en contacto con el suelo, el residuo plástico generado tiende a incorporar una cantidad significativa de impuros, lo que encarece el transporte y dificulta su reciclaje. Por ello, se han desarrollado plásticos biodegradables que no dejan ningún tipo de residuo en el suelo, lo que evita tener que retirarlos.

Si bien los plásticos agrícolas se reciclan desde hace años, hasta ahora, no se ha conseguido establecer en España un sistema óptimo de reciclaje de los mismos que abarque todo el territorio. El mayor avance se produjo en Andalucía, en donde se genera el 70% de los residuos filmes, con la instauración de Cicloagro en 2001, lo que permitió aumentar el reciclaje de plásticos en la Comunidad. Sin embargo, en 2017 la Junta de Andalucía no pudo renovar su autorización ya que la regulación de los regímenes de responsabilidad ampliada del productor de plásticos es una competencia estatal y no autonómica. Atendiendo a esta necesidad en el año 2020 se creó MAPLA como asociación sin ánimo de lucro que agrupa los fabricantes de filmes de uso agrario que cubren aproximadamente el 85% de los filmes puestos en el mercado en España. El objetivo de esta asociación es organizar y financiar el sistema colectivo de responsabilidad ampliada del productor de ámbito nacional que se pondrá en funcionamiento previsiblemente durante el año 2022. El sistema funcionará con la colaboración de la cadena de valor (agricultores, cooperativas, distribuidores) y se encargará de contratar la recogida y tratamiento. El ambicioso objetivo de esta entidad será recoger y reciclar el 100% de plásticos de uso agrario.

1. Importancia de la plasticultura en España

La aparición de los materiales plásticos en el siglo XX constituyó un factor decisivo en la transformación de la sociedad en general, hasta tal punto que resulta difícil imaginar cómo habría evolucionado sin su existencia. No es de extrañar, por tanto, que la agricultura no haya sido ajena a esta influencia. De hecho, el desarrollo de la horticultura intensiva en España ha estado estrechamente ligado a la evolución de los materiales plásticos, teniendo lugar a partir de la irrupción de éstos. Esto ha sido consecuencia de las importantes ventajas que aporta la plasticultura en cuanto a mayor productividad y calidad de la cosecha (como consecuencia de la mejora de las condiciones ambientales en cultivo protegido), mayor precocidad (por el aumento de la temperatura del aire y/o suelo), la posibilidad de realizar cultivos fuera de temporada (con los que es posible obtener un mejor precio de venta), un uso más eficiente del agua tanto en cultivo en invernadero (al reducirse considerablemente la evapotranspiración como consecuencia, fundamentalmente, de la menor radiación y velocidad de viento) como en cultivo

acolchado (al disminuir la evaporación de agua del suelo), reducción en el uso de herbicidas (al haber un menor desarrollo de malas hierbas mediante la instalación de un acolchado adecuado), etc.

Los primeros filmes plásticos aparecieron en torno a 1950, detectándose rápidamente su potencial como material de cubierta en invernaderos. Dado su bajo peso, no requerían la construcción de estructuras invernadas tan robustas y costosas como en el caso del vidrio, que hasta entonces era el material de cerramiento por excelencia. El país en el que se empezaron a implantar estos nuevos materiales más rápidamente fue Japón, donde ya existía en 1962 una superficie bajo cubierta plástica de unas 6.000 ha, introduciéndose posteriormente en el sur de Europa e Israel, de forma que en este último país había en 1964 unas 1.000 ha de túneles e invernaderos con este tipo de cobertura (Enoch y Enoch, 1999).

En España, los primeros invernaderos de plástico se instalaron a finales de los años 50 en Canarias, y en el año 1963 se construyó el primer prototipo de invernadero parral en Almería (Cajamar, 2013), derivado del sistema de cultivo típico de la zona empleado para la producción de uva de mesa, que se cubrió con un filme de polietileno para favorecer el desarrollo de hortalizas fuera de estación. A partir de ese momento, se produjo un aumento paulatino de la superficie invernada en esa provincia que se mantiene hasta la actualidad, aunque la aceleración real de dicho crecimiento se produjo a partir de la década de 1970 (Figura 1). Cabe señalar que la provincia de Almería alberga en la actualidad casi la mitad de la superficie agraria protegida de España, con 32.554 ha (Junta de Andalucía, 2020b), frente a una superficie estimada a nivel nacional (incluyendo invernaderos de plástico, de malla y macrotúneles) de 71.783 ha (MAPA, 2020), constituyendo una de las principales concentraciones de invernaderos a nivel mundial. En el conjunto de Andalucía, la superficie agraria protegida alcanza las 53.170 ha (Junta de Andalucía, 2020a, 2020b, 2020c), incluyendo la producción de frutos rojos bajo túnel de la provincia de Huelva, lo que representa casi el 75% del total nacional.

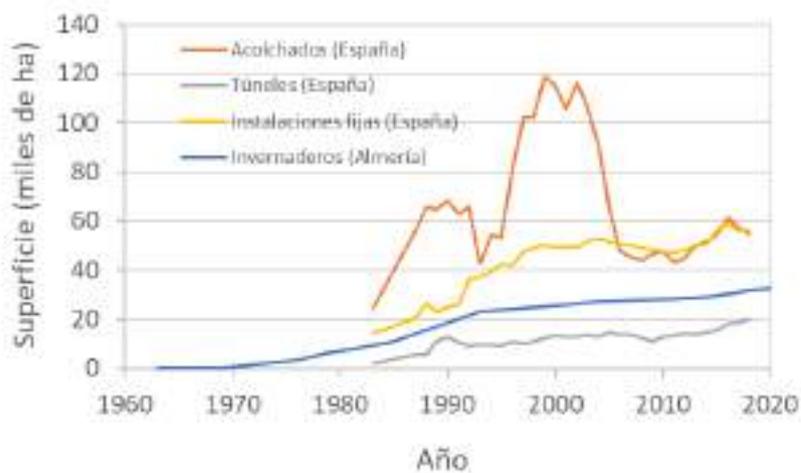


Figura 1. Evolución de la superficie invernada en Almería y de la superficie dedicada en España a acolchado, túneles e instalaciones fijas (invernaderos permanentes). Elaboración propia a partir de Hortoinfo (2016), Junta de Andalucía (2015, 2020b) y MAPA (2019)

Otra importante aplicación de los filmes plásticos es el acolchado del suelo. Sin embargo, al contrario que la superficie invernada, la dedicada al acolchado ha sufrido importantes altibajos a lo largo del tiempo (Figura 1), de forma que, tras fuertes incrementos en los años 80 y 90,

2. Tecnología de producción

alcanzó un máximo de casi 120.000 ha en 1999 y una drástica caída a partir de 2003. Tras estabilizarse en torno a las 45.000 ha a partir de 2006, se observa que ha vuelto a superar las 50.000 ha a partir de 2014, aunque sin mostrar los niveles de aumento del pasado. Andalucía también es la comunidad autónoma con la mayor superficie de acolchado, con 19.270 ha en 2018 (MAPA, 2019).

Otras aplicaciones agrícolas, como la fabricación de componentes para riego, impermeabilización de embalses, mallas, ensilaje, etc., también utilizan cantidades importantes de materiales plásticos. En realidad, el término plásticos engloba a una gran variedad de materiales sintéticos cuya característica principal es la plasticidad o capacidad de ser moldeados, normalmente mediante la aplicación de calor y presión (López *et al.*, 2006).

En España no existen datos oficiales de consumo de plásticos agrícolas, pero según datos obtenidos en base a encuestas por CICLOPLAST (Figura 2), dicho consumo alcanzó 157.500 toneladas en 2019. De esa cantidad, el 30% se dedicó a la cobertura de invernaderos y túneles, el 22% a riego, el 14% a acolchados y desinfección, el 8% a rafias y tejido no tejido, el 7% a ensilados para ganadería y el 19% a otras aplicaciones (mallas, cuerdas, macetas y otros productos). A nivel europeo, España es el principal consumidor de filmes agrícolas (Figura 3).



Figura 2. Distribución del consumo de plásticos agrícolas por aplicaciones en España en 2019. Fuente: Cicloplast

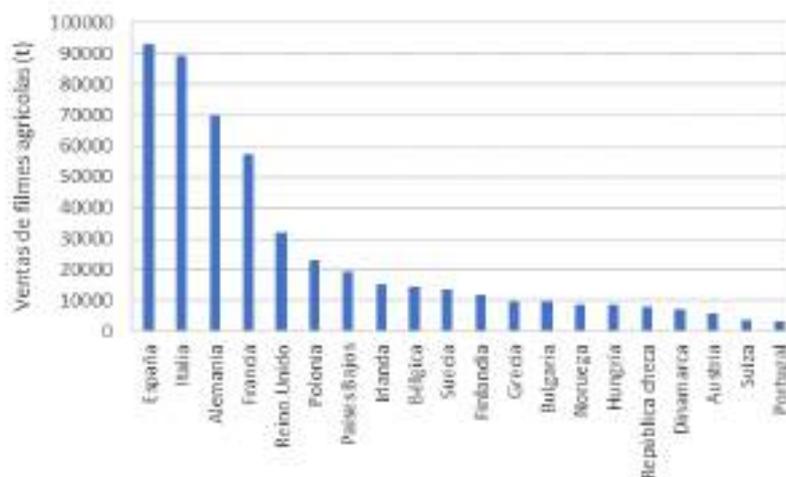


Figura 3. Ventas de filmes plásticos agrícolas por países en Europa en 2018. Elaboración propia a partir de datos de APE EUROPE (2021)

Dado el gran potencial que la plasticultura ya tenía en España en los años 70 (y que ha sido ratificado en las décadas posteriores), en 1977 se creó el Comité Español de Plásticos en Agricultura (CEPLA), que es una asociación sin ánimo de lucro asociada a la Asociación Española de Industriales de Plásticos (ANAIP) cuyo objetivo es impulsar la actividad del sector de los plásticos en la agricultura, de forma que España siga siendo una referencia mundial en ese ámbito. Esta asociación ha contribuido a la elaboración de normas UNE y al desarrollo e implantación de marcas de calidad relacionadas con el uso de plásticos en la agricultura.

2. Generalidades de los plásticos

De forma general, los plásticos están compuestos de un polímero al que se añaden aditivos. Un polímero es una macromolécula que se obtiene mediante la unión de pequeñas moléculas (generalmente procedentes del petróleo) mediante un proceso de polimerización. Los polímeros más usados en agricultura son el polietileno, los copolímeros de etileno (EVA y EBA, etilvinilacetato y etileno acrilato de butilo) y el polipropileno. A partir los años 90 se empezaron a utilizar los polietilenos lineales de baja densidad, que permiten obtener mejores propiedades mecánicas, y en la última década se ha producido una innovación notable en el mundo de los polímeros con la incorporación de los metalocenos, que son catalizadores que permiten fabricar estructuras concretas de polietileno en función de las características deseadas, lo que permite obtener polímeros a medida.

En cuanto a los aditivos, éstas son sustancias que se agregan al polímero para darles unas cualidades de las que carecen o para mejorar las que tienen. Dichas sustancias se dispersan en la matriz polimérica sin afectar su estructura molecular. Existe una enorme variedad de estos aditivos pero, de manera general, se pueden dividir en dos grupos principales: los de proceso, destinados principalmente a evitar la degradación térmica durante la extrusión o bien a mejorar la procesabilidad del polímero, y los de aplicación, que se agregan con el fin de obtener las cualidades deseadas en el filme resultante, siendo los más frecuentes los deslizantes, los antibloqueo, antivaho, estabilizantes frente a la radiación UV, los aditivos térmicos y los pigmentos (Papasseit *et al.*, 1997).

3. Evolución de los plásticos para uso agrícola

Cuando surgieron los primeros invernaderos en España, no existía una industria especializada en la producción de filme plástico para uso agrícola, de forma que éste era suministrado por transformadores de plásticos dedicados a otras aplicaciones. Se trataba de filmes fabricados a base de polietileno de baja densidad de anchos estrechos y baja durabilidad.

Ante una demanda creciente de filme con características adecuadas para uso agrícola, en los años 70 surgieron diversas empresas transformadoras para la producción de este tipo de plástico. Durante varias décadas, su papel fue el de meros fabricantes del producto final, de forma que se dedicaban a extrusionar la mezcla de polímero y aditivos que les llegaba ya hecha desde las compañías petroleras suministradoras en forma de lentejas (“compound”) en función de los requerimientos solicitados.

Sin embargo, el mundo de los aditivos se fue ampliando y especializando, hasta que llegó un momento en el que a las petroleras les dejó de interesar la producción de la mezcla final, centrándose en el suministro de los polímeros base en forma de granza. De este modo, en torno al año 2005 las empresas transformadoras empezaron a realizar sus propias mezclas de polímeros y aditivos, iniciando así un proceso de innovación que se mantiene hasta la actualidad, el cual ha permitido diversificar la oferta e ir mejorando significativamente la calidad del producto final ofrecido. Esta actividad innovadora ha dado origen a un proceso de selección de las empresas transformadoras, de forma que aquéllas que se han sabido adaptar, obteniendo productos innovadores y de calidad, son las que han proliferado y ocupado el mercado.

A ello ha contribuido también la mejora en el proceso de fabricación. Un ejemplo lo tenemos en el desarrollo de los plásticos multicapa, que permiten combinar las ventajas de distintos materiales. Inicialmente los filmes eran monocapa, lo que limitaba considerablemente sus prestaciones. La aparición de los plásticos tricapa a principios de los años 90, fabricados mediante un proceso de coextrusión, permitió combinar polímeros distintos, como era la disposición del copolímero EVA en el interior de un sándwich de polietileno para aprovechar las ventajas del primero en cuanto a termicidad y transmisividad sin tener problemas de retención de polvo. Dos décadas después aparecieron los filmes de cinco capas y recientemente los de siete capas, lo que otorga enormes posibilidades de combinación, con la consiguiente posibilidad de conseguir materiales más resistentes y de menor espesor, y de ralentizar la migración de aditivos en el polímero. Esta tecnología procede de industrias manufactureras de plásticos más avanzadas, como la orientada al envase de alimentos, en la que ya incluso se está utilizando la tecnología de once capas para producir plásticos con unas características muy especiales. Sin embargo, no parece que esa tecnología se vaya a requerir a medio plazo en la fabricación de plásticos agrícolas.

3.1. Plásticos para la cobertura de invernaderos

Una propiedad fundamental requerida en los filmes para cubierta de invernaderos es su **durabilidad**, siendo su mejora el aspecto en el que probablemente más esfuerzos se han hecho desde el inicio, manteniéndose los trabajos de investigación aún hoy día, lo que ha permitido pasar de una duración de una sola campaña a una garantía de tres años en las condiciones de Almería, que es una zona con un nivel de radiación tal que resulta muy exigente para los plásticos de cubierta. Incluso, en la actualidad existen filmes de cuatro campañas, aunque no resultan tan interesantes debido al deterioro que sufren las propiedades ópticas del plástico al final de un periodo tan largo.

La duración de un filme agrícola depende de distintos factores, tanto intrínsecos (tipo de polímero base, espesor y tipo de filme (mono o multicapa), estabilización frente a la radiación ultravioleta (UV), presencia de otros aditivos), como externos previos a su utilización (condiciones de fabricación y almacenamiento y colocación) y externos durante su utilización (estructura del invernadero (material de la estructura, protección de la superficie de contacto, diseño, fijación del filme), condiciones climáticas (radiación, temperatura, viento, lluvia, nieve, etc.), tipo de cultivo y uso de agroquímicos) (Espí, 2012).

La radiación solar UV es la principal responsable de la degradación de los filmes agrícolas durante su exposición a la intemperie ya que da origen a la degradación fotooxidativa de los polímeros

a través de procesos de transferencia de energía y formación de radicales libres. Para retrasar el envejecimiento del filme se utilizan fotoestabilizadores, que pueden actuar de tres formas diferentes: absorbiendo la radiación UV, desactivando los estados excitados (quelatos de níquel o “Ni-quencher”) o captando los radicales libres (HALS) (López *et al.*, 2006).

Los primeros fotoestabilizadores que se empezaron a utilizar fueron los absorbentes de UV y el “Ni-quencher”, que daba al plástico un color amarillo-verdoso y que ya permitía la fabricación a mediados de los años 70 de plástico de 180 μm de espesor de dos campañas de duración. Sin embargo, este tipo de estabilización no tenía ninguna eficacia respecto a la estabilización térmica y escasa resistencia al cloro, por lo que por aquel tiempo aparecieron los primeros HALS, que eran aminas secundarias de bajo peso molecular que tenían el problema de su pérdida por migración. En los años 80 se aumentó el peso molecular para mejorar la duración del aditivo dentro del polímero, consiguiéndose así una buena estabilización tanto térmica como a la luz, aunque su resistencia a agroquímicos que contienen azufre y cloro era limitada. De este modo, en los años 90 se desarrollaron HALS con una resistencia mejorada a agroquímicos, a la vez que se mejoraba su ya alta eficacia fotoestabilizadora, dando pie a la aparición de filmes de tres campañas, y a principios del siglo XXI surgieron los HALS NOR, los cuales muestran baja interacción química y, de este modo, buena resistencia a agroquímicos y azufre elemental, lo que dio lugar al desarrollo de plásticos de tres años de duración. En la última década se trabaja con HALS NOR avanzados, que permiten obtener elevada resistencia al azufre (5000 ppm o incluso más), lo cual es fundamental para soportar los pesticidas utilizados.

Fruto de estos avances, han ido aumentando progresivamente los niveles de azufre y cloro que los plásticos son capaces de soportar y, como consecuencia, CEPLA ha ido modificando la directriz que regula el límite máximo de azufre y cloro a partir del cual los plásticos agrícolas pueden verse seriamente afectados (Tabla 1).

Tabla 1. Evolución de la directriz CEPLA que regula los límites para el contenido de azufre y cloro de los plásticos comerciales

Año de la directriz	Garantía	Límite de azufre (ppm)	Límite de cloro (ppm)
2001	2 campañas	1500	100
	3 campañas (años)	2000	150
2011	2 campañas	1500	100
	3 campañas (años)	3000	200
2014*	2 campañas – 2 años	1500	100
	3 campañas	2000	150
	3 años	3000	200
	3 años premium	5000	200

*La directiva de 2014 fue acordada por los fabricantes de plásticos agrícolas, pero no fue publicada por CEPLA

Otro aspecto fundamental de los plásticos de cubierta es su **termicidad**, es decir, su capacidad para evitar la pérdida de la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre, especialmente entre 7 y 13 μm , que es la que corresponde a la ventana en la que no hay absorción por parte de la atmósfera, escapando hacia el espacio. Un plástico térmico deja pasar menos del 25% de esa radiación, habiéndose comprobado su efecto positivo sobre los cultivos de invernadero. Los primeros filmes térmicos surgieron en los años 70 y los beneficios resultaron claramente palpables ya que se dieron casos de invernaderos en los que el cultivo situado bajo

el plástico térmico no fue afectado por la helada, mientras que el que estaba bajo el no térmico sí lo fue. Esto era consecuencia del aumento de la temperatura de la planta bajo el plástico térmico, al recibir parte de la radiación de onda larga emitida.

La termicidad se puede conseguir mediante el uso de copolímero EVA en mezcla o coextrusión o mediante la adición de aditivos adecuados. Estos aditivos han ido variando con el tiempo para poder soportar las cada vez mayores temperaturas de extrusión que manejan los transformadores (López *et al.*, 2006), surgiendo así los plásticos térmicos de segunda generación en los años 90. El problema es que estos nuevos aditivos ocasionaban la degradación prematura del polímero, lo cual se solucionó a principios del siglo XXI mediante la incorporación de cargas minerales muy puras libres de óxidos. Posteriormente han surgido los plásticos ultratérmicos, los cuales presentan menos de un 10% de pérdidas de radiación de onda larga.

En zonas de alta radiación y escasa nubosidad, una característica muy conveniente del plástico de cubierta es su **difusividad** o capacidad de difundir la luz, con el fin de evitar que ésta incida de forma directa sobre el cultivo provocando quemaduras. Además, la luz difusa penetra en el dosel vegetal mejor que la directa, favoreciendo así un uso más eficiente de la radiación. Se considera que un plástico es difuso cuando su turbidez es al menos del 35%. Para conseguirlo, se utilizan aditivos inorgánicos en forma de pequeñas partículas contra las que choca la luz, desviándose en todas las direcciones (López *et al.*, 2006).

En el año 1980 ya se disponía de plásticos de cubierta difusos comerciales. Desde el año 2010 aproximadamente se trabaja comercialmente con difusividades algo mayores al 50% sin que la transmisividad a la radiación PAR se vea afectada. Se utilizan aditivos minerales que pudieran ser prodegradantes, por lo que actualmente se están introduciendo en forma de micropartículas encapsuladas para proteger el polímero de su efecto. Además, al tratarse de partículas muy pequeñas, se ha conseguido una distribución más homogénea y un mejor efecto difusor. El reto en un futuro será conseguir filmes altamente difusos (en torno al 80%) sin pérdidas de transmisión PAR.

El efecto antigoteo es un aspecto fundamental en el plástico de cubierta ya que el vapor de agua del aire condensa sobre su superficie en forma de gotas, debido a la gran diferencia de tensión superficial existente entre el polímero y el agua. Estas gotas reducen la transmisividad a la luz y caen sobre el cultivo, aumentando la incidencia de enfermedades. Por tanto, resulta conveniente reducir esa diferencia de tensión superficial, de forma que el agua condense en forma de película continua, que puede ser evacuada dando a la cubierta una pendiente suficiente (Figura 4). Para ello se usan aditivos que van migrando a la superficie, haciéndola más polar y aumentando su tensión superficial, al tiempo que se disuelven en el agua, comportándose como un surfactante.

Los primeros filmes antigoteo surgieron en los años 90, pero dicho efecto se perdía rápidamente durante el primer año. Combinando aditivos de distinto peso molecular con diferente velocidad de migración y la tecnología tricapa, que permite crear un reservorio de aditivo en el centro del plástico que va migrando hacia la cara interior, se ha conseguido que en la actualidad el efecto dure dos años. El siguiente objetivo es llegar a conseguir un efecto antigoteo duradero durante toda la vida del plástico (tres años). A ello puede contribuir la aplicación de la tecnología multicapa actualmente disponible.



Figura 4. Vista de un plástico con efecto antigoteo (izquierda) frente a un testigo (derecha). El aditivo antigoteo hace que el vapor de agua condense en forma de una película continua en vez de formar gotas, lo que mejora considerablemente la transmisividad de la cubierta a la radiación

El efecto anti-térmico del plástico de cubierta consiste en la reducción de la transmisión de la radiación NIR (entre 760 y 2500 nm aproximadamente), que es la que calienta el invernadero, y puede ser interesante en zonas con altas temperaturas como alternativa a las técnicas de sombreo utilizadas habitualmente, las cuales también reducen la transmisión a la radiación PAR (400-700 nm). Los aditivos anti-térmicos pueden reflejar o absorber la radiación NIR, siendo los primeros los más convenientes desde un punto de vista térmico ya que, en el segundo caso, parte de la energía absorbida es reemitida hacia el interior del invernadero en forma de calor. No obstante, los plásticos absorbentes de NIR se calientan rápidamente por la mañana, lo que reduce considerablemente la aparición de condensación.

Los primeros plásticos anti-térmicos aparecieron a mediados de los años 90, pero los aditivos utilizados cortaban una fracción significativa de PAR (más del 30%), por lo que no tenían aplicabilidad comercial en nuestras condiciones. En la actualidad se dispone de plásticos anti-térmicos de muy buenas características que apenas pierden PAR en relación a un film normal, pero su hándicap es el elevado precio (más de un 50% superior al de un plástico convencional), por lo que en la práctica no se están utilizando en la zona. Además, hay que tener en cuenta que los plásticos anti-térmicos actúan de forma permanente, incluso en invierno, cuando puede resultar interesante disponer de una mayor carga térmica con el fin de calentar el invernadero lo más rápidamente posible por la mañana. Como alternativa, en la actualidad se trabaja en el desarrollo de plásticos termosensibles, los cuales son capaces de oscurecerse al alcanzar cierta temperatura, recuperando su transmisividad original al bajar la temperatura y desactivarse. Sin embargo, estos materiales aún están en fase de desarrollo.

Los que sí se usan comercialmente en zonas tropicales con muy alta radiación son los plásticos de sombreo, que incorporan aditivos a base de dióxido de titanio micronizado para cortar de forma permanente una fracción de NIR y PAR determinada a petición del cliente.

El efecto anti-plagas se basa en el hecho de que los insectos tienen su máximo de visión en la franja ultravioleta (UV) del espectro solar (hasta 380 nm), de forma que, cortándola mediante plásticos que absorban dicha franja, disminuye la movilidad de los insectos y, a su vez, su presencia.

Los primeros plásticos anti-plagas aparecieron ya a mediados de los años 90 y su efecto solo duraba un año. Actualmente se dispone de plásticos anti-plagas cuyo efecto se mantiene durante dos años. No obstante, estos plásticos no han tenido una aplicabilidad comercial destacable, debido al efecto negativo que también pueden ejercer sobre la visión de los insectos polinizadores, por lo que el aditivo se ha intentado introducir en plásticos finos ($<50 \mu\text{m}$) destinados a la fabricación de dobles cámaras en invernaderos (ver apartado 4.2), las cuales solo se mantienen durante una parte del año. La idea sería instalarlos en cultivos que no necesiten polinización (por ejemplo, pepino). El problema encontrado hasta la fecha es que el absorbente UV que se usa como aditivo en el proceso de fabricación requiere un espesor mínimo del plástico de $100 \mu\text{m}$ para que quede adecuadamente retenido en el polímero y no migre, espesor excesivo para un plástico para doble cámara.

Por otro lado, en la actualidad se están desarrollando plásticos que incorporan sustancias repelentes naturales para la liberación progresiva de las mismas tras su instalación, con el fin de disminuir la presencia de plagas en el invernadero. No obstante, esta tecnología está aún bajo estudio y no se encuentra disponible a nivel comercial.

Los aditivos luminiscentes pueden otorgar al plástico colores muy llamativos (Figura 5) y son capaces de modificar el espectro de la radiación que los atraviesa, enriqueciéndolo en aquellas bandas más eficientes desde el punto de vista de la fotosíntesis (azul y rojo). En este proceso hay un desplazamiento de la radiación UV hacia el visible y/o de la radiación verde hacia el rojo, lo que permite aumentar la actividad fotosintética del cultivo y su producción si se consigue una eficiencia de conversión suficientemente alta.

Los primeros filmes luminiscentes surgieron en los años 90, pero ha sido en la última década cuando han aparecido aditivos más eficientes con los que es posible lograr una ganancia real de productividad. Sin embargo, en la actualidad el problema principal que se observa es la escasa duración del efecto luminiscente, el cual se pierde rápidamente durante el primer año, por lo que se trabaja en conseguir un efecto más duradero.



Figura 5. Invernadero cubierto con filme luminiscente (izquierda) y convencional (derecha)

3.2. Filmes para dobles cámaras en invernaderos

En los invernaderos del sureste peninsular cada vez está más extendida la instalación de dobles cámaras en su interior durante la segunda mitad del otoño, que se mantienen durante el

invierno, con el fin de evitar el goteo sobre el cultivo de la condensación y del agua de lluvia que pueda entrar a través de los puntos de alambre que sujetan el plástico de cubierta en los invernaderos parrales. De este modo se consigue reducir significativamente la incidencia de enfermedades fúngicas, tales como botritis o mildiu, a la vez que se reducen las pérdidas de calor del invernadero y su enfriamiento durante la noche. Estas dobles cámaras se fabrican con plásticos finos a partir de 37,5 μm , que se colocan por encima del emparrillado que sujeta el cultivo. Lo normal es disponerlos con una pendiente de unos 20° para facilitar el escurrimiento del agua hacia la parte inferior, que se sitúa en la zona del pasillo para que el agua no gotee sobre las plantas (Figura 6). Estos plásticos se desechan al final del cultivo.



Figura 6. Doble cámara instalada en el interior de un invernadero parral

Los primeros filmes específicos para dobles cámaras aparecieron en el mercado a mediados de los años 2000 y estaban fabricados a base de copolímeros EVA y/o EBA, lo que ofrecía una buena transparencia y termicidad. Una década después surgieron los filmes de alta transparencia fabricados en base a metalocenos, que permiten conseguir una transmisividad a la radiación PAR casi total (97%). Recientemente han aparecido filmes para dobles cámaras con aditivos luminiscentes, que se empiezan a utilizar a nivel comercial (Figura 7).



Figura 7. Doble cámara a base de filme con aditivo luminiscente

De cara al futuro, el potencial que tiene el uso de la doble cámara en invernaderos es muy interesante ya que permitirán modular las propiedades térmicas y lumínicas del plástico de cubierta en función de los requerimientos de la época de la que se trate (por ejemplo, mediante el empleo de dobles cámaras anti-térmicas en el periodo estival).

3.3. Acolchado

Esta técnica consiste en la colocación de un plástico fino sobre la superficie del suelo con el fin de reducir la evaporación, evitar la proliferación de malas hierbas, mejorar la temperatura del suelo, evitar el contacto de los frutos con éste, etc.

Para esta aplicación se dispone de una gama de colores del plástico amplia en función de los requerimientos. De este modo, el filme transparente es más adecuado para zonas frías, siempre que no haya problemas de malas hierbas, ya que deja pasar la radiación y aumenta la temperatura del suelo, además de usarse en tareas de desinfección; el filme negro es adecuado en suelos con problemas de malas hierbas en zonas templadas, permitiendo calentar el suelo si se consigue un íntimo contacto entre éste y el plástico; el filme bicolor (blanco/negro) es adecuado para zonas cálidas ya que, al reflejar la radiación, reduce el calentamiento del suelo, al tiempo que evita la aparición de malas hierbas; finalmente, los filmes fotoselectivos (marrón, verde, etc.) absorben la radiación PAR, evitando el desarrollo de malas hierbas, al tiempo que dejan pasar la radiación térmica para el calentamiento del suelo, pudiendo usarse en zonas templadas y frías.

Inicialmente se utilizaban filmes con espesores de al menos 40 μm para conseguir una resistencia adecuada, pero la aparición en los años 90 del polietileno lineal de baja densidad, que ofrece buenas propiedades mecánicas, ha permitido desarrollar filmes para acolchado con espesores muy bajos (25 μm), reduciendo así las necesidades de plástico por unidad de superficie y la cantidad de residuo final. De momento, espesores inferiores a 25 μm no son recomendables ya que se dificulta notablemente la recogida del plástico usado, pues se rompe fácilmente, y su eficiencia en la gestión del residuo se reduce notablemente.

Una tendencia importante en plásticos para acolchado es el desarrollo de filmes biodegradables ya que, cuando se utiliza un acolchado convencional, es necesario retirarlo tras su uso y en ese proceso se mezcla con una cantidad significativa de impropios, que dificultan y encarecen el reciclado. Dichos filmes biodegradables se degradan en el suelo varios meses después de su instalación, evitándose así tener que retirarlos.

El primer avance en esta línea se logró en los años 90 con los plásticos oxodegradables, que incorporan catalizadores químicos que los hacen fragmentables después de un tiempo de uso, de forma que se van degradando a simple vista. Sin embargo, no lo hacen completamente, de forma que dejan microresiduos en el medio ambiente, por lo que no resultan aconsejables. De hecho, el actual Anteproyecto de Ley de Residuos (MITECO, 2020) prohíbe la introducción en el mercado de los plásticos oxodegradables. Posteriormente se desarrollaron los plásticos oxobiodegradables que, tras una primera etapa de fragmentación, pueden ser degradados completamente con la ayuda de microorganismos, transformándose en elementos naturales (agua, CO₂ y biomasa celular). Asimismo, en el siglo XXI han ido apareciendo bioplásticos fabricados a partir de materias primas naturales, que pueden ser o no biodegradables. Entre los polímeros biodegradables de origen petroquímico están la policaprolactona (PCL), el

polisuccinato-co-adipato de butileno (PBSA) y el polisuccinato de butileno (PBS). En cuanto a los biopolímeros procedentes de fuentes renovables o bioplásticos, están aquéllos que se extraen de biomasa (almidón, celulosa, lignina, proteínas), los que son sintetizados a partir de biomonómeros, como el ácido poliláctico (PLA), y los que son producidos a partir de microorganismos, como los polihidroxialcanoatos (PHA).

En la actualidad se dispone de plásticos biodegradables compostables que permiten una duración comprendida entre 1 y 6 meses dependiendo de la aplicación. El objetivo ahora es conseguir acolchados biodegradables compostables de larga duración (8-9 meses) para utilizarlos en cultivos frutales.

3.4. Filmes para desinfección

Se han desarrollado filmes específicos para diferentes técnicas de desinfección del suelo. En cualquier caso, el plástico se coloca sobre el suelo a modo de acolchado, con el fin de propiciar su calentamiento y/o evitar la pérdida de los gases desinfectantes.

La solarización es una técnica de control de patógenos del suelo que se basa en que éste alcance una alta temperatura (superior a 40°C) a la vez que mantiene una humedad elevada, por lo que los filmes que se usan deben propiciar el máximo calentamiento del suelo. Para ello, deben ser transparentes, con un efecto térmico alto y provistos de aditivos antigoteo, de forma que se evite la formación de gotas de agua y se consiga la máxima transmisividad a la radiación solar. Además, contienen aditivos que evitan la degradación UV y térmica. Los primeros plásticos específicos para solarización surgieron en los años 90.

En la desinfección química, se aplica un fumigante al suelo, colocando un plástico sobre éste que ejerce de barrera, evitando así las pérdidas de producto químico. Estos filmes específicos aparecieron en los años 2000. Inicialmente eran filmes semiimpermeables (SIF) basados generalmente en polietilenos de alta densidad y con aditivos laminares que ofrecían buenas impermeabilidades a los gases. Posteriormente, aparecieron los filmes virtualmente impermeables (VIF) basados en poliamidas, que presentan muy alta impermeabilidad a esos gases liberados. Finalmente, en torno a 2015 han aparecido los filmes totalmente impermeables (TIF), basados en EVOH, que le confieren una impermeabilidad prácticamente total, por lo que son los que se recogen en muchas de las normativas de uso de los plaguicidas. En la actualidad, la tecnología de coextrusión en siete capas resulta ideal para la fabricación de los filmes TIF ya que los materiales barrera que se utilizan no se adhieren directamente al polietileno, por lo que es necesario incorporar una capa intermedia compatible con ambos materiales.

La biofumigación es una técnica cada vez más extendida que consiste en la incorporación de materia orgánica fresca al suelo (estiércol, restos de cultivos, etc.) que, al descomponerse o fermentar, producen una elevación de la temperatura y liberan gases que controlan los patógenos del suelo. Para esta aplicación, existen en el mercado láminas que, por un lado, favorecen el calentamiento del suelo y, por otro, son impermeables a los gases de descomposición formados.

Con la irrupción de los equipos multicapa en la plasticultura, las láminas TIF para la desinfección química y las TIF que incorporan adicionalmente aditivos térmicos y antigoteo encaminados a

maximizar el efecto de la biofumigación parece que serán los filmes que se impondrán en el futuro inmediato.

3.5. Otras aplicaciones de los plásticos en agricultura

El uso de materiales plásticos para la fabricación de tuberías y elementos de riego tiene una gran relevancia en España, en donde actualmente más del 50% del regadío corresponde a riego localizado (MAPA, 2020). Los materiales más utilizados son el polietileno de baja densidad modificado con copolímero EVA y el polietileno lineal de baja densidad.

Otra aplicación es la fabricación de geomembranas para la impermeabilización de embalses, canales, etc., para la que se utilizan distintos termoplásticos y cauchos. En España, las geomembranas se empezaron a usar en los años 70 y los materiales más utilizados en aquella época eran el polietileno de baja densidad, que solía utilizarse enterrado, y el caucho butilo, que poco a poco fue dejando paso a otras geomembranas con mejores prestaciones gracias a ciertas propiedades, como la resistencia al ozono (Noval, 2015). En los años 80, el PVC se erigió en el material más utilizado gracias a su fácil instalación, aunque, en algunos casos, la pérdida de los plastificantes aceleraba su degradación. Por ello, en los años 90 se empezó a extender el uso del polietileno de media y/o alta densidad en la fabricación de geomembranas. Otro material que también se emplea en impermeabilización es el caucho EPDM (caucho Etileno Propileno Dieno tipo M en el estándar ASTM), cuya estructura química hace que no sea atacado por el oxígeno atmosférico y que pueda ser utilizado como lámina expuesta en la impermeabilización de embalses. Hoy día, los materiales que se utilizan más habitualmente como geomembranas en obra hidráulica en España son el PVC, el polietileno de alta densidad y el EPDM (Noval, 2015).

También está muy extendido el uso de filmes plásticos para el ensilaje del forraje, con el fin de conservarlo. Conviene utilizar plástico bicolor para evitar que el sobrecalentamiento del forraje provoque fermentaciones indeseadas. Para conseguir la máxima hermeticidad posible y, de este modo, una fermentación óptima, se usa filme estirable.

Las mallas, fabricadas generalmente a partir de polietileno de alta densidad o polipropileno, tienen diversas aplicaciones: anti-plagas en las ventanas de los invernaderos, anti-granizo, de sombreo, cubresuelos, de recolección, etc.

4. Producción de residuos plásticos en usos agrarios

De acuerdo con la Ley de residuos y suelos contaminados (Ley 22/2011), un residuo es “cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseché o tenga la intención o la obligación de desechar”. Los plásticos utilizados en usos agrarios al final de su vida útil se convierten en residuos que es necesario gestionar adecuadamente, en lo posible reciclándolos para que se conviertan en nuevas materias primas. Tal y como se indica en la Tabla 1, los plásticos filmes agrícolas han incrementado su vida útil desde sus orígenes. Los actuales plásticos de invernadero pueden llegar a tener incluso una duración garantizada de 3 años, reduciendo la cantidad de residuos generados y compensando de esta manera el incremento de superficies. Sin embargo, otros plásticos como los acolchados o de solarización suelen durar una única campaña. En el caso de los plásticos acolchados, la reducción en el residuo generado en los últimos años se ha debido a los menores espesores que se están utilizando.

La generación de residuos plásticos en usos agrarios desde 2016 a 2019 se ha ido incrementando conforme ha aumentado la superficie de cultivos bajo plástico, el uso de plástico en ganadería y también el uso de técnicas de riego por goteo (Tabla 2). En 2019, los residuos plásticos de usos agrarios supusieron un 6,8% de los residuos plásticos totales generados en España (Cicloplast, 2019) (Figura 8). Los datos del año 2000 indican que la generación de residuos de tipo agrario fue del 6%, por lo tanto, el dato porcentual no ha variado sensiblemente en los últimos 20 años. Tampoco se espera que en un futuro se incremente considerablemente el uso de plásticos en horticultura en España.

Tabla 2. Evolución de la producción de los residuos plásticos de uso agrario (en toneladas). *Fuente:* Cicloplast

Año	2016	2017	2018	2019
Producción de residuos plásticos de uso agrario	151.620	159.786	168.741	179.900

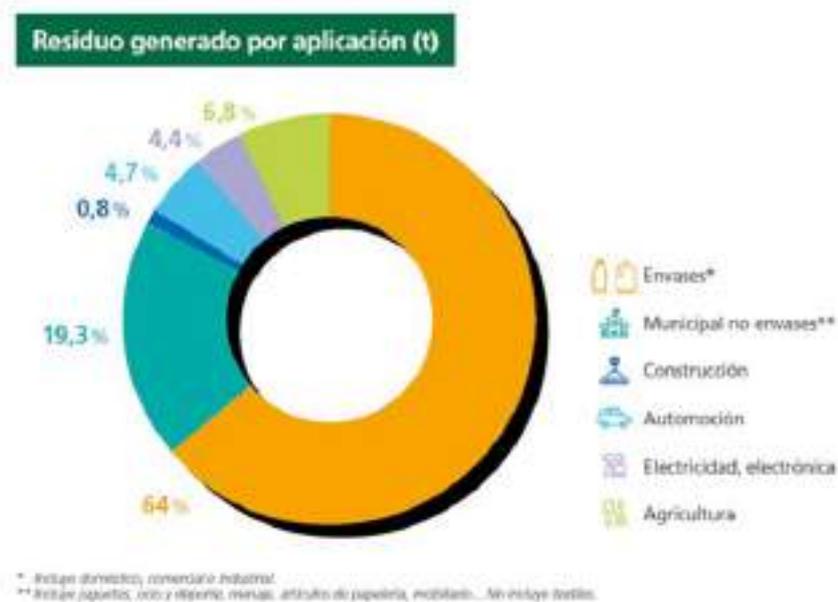


Figura 8. Residuos plásticos generados en España en 2019. *Fuente:* Cicloplast

4.1. Producción de residuos filmes plásticos

De estos residuos plásticos, los filmes utilizados para la protección de cultivos suponen la fracción más importante, alcanzando casi el 50% de todos los residuos plásticos de uso agrario (Figura 9).

Considerando específicamente el grupo de los filmes agrícolas para protección de cultivos (invernaderos, acolchados, túneles, etc.), se estima que en 2019 se consumieron en España 65.000 t aproximadamente, que supusieron en torno a 92.000 t anuales de residuo, debido a la presencia de humedad e impropios en los filmes usados una vez retirados de las explotaciones.

El uso del plástico y su contacto con el suelo, así como la climatología, condicionan los contenidos de impropios en los residuos, que oscilan en ratios desde el 1,15 para el plástico de invernadero hasta el 1,80 de media para el plástico acolchado, o bien el 1,35 en el caso de minitúneles. Por lo tanto, el peso de los residuos indicados no representa únicamente plástico,

sino también otro tipo de impropios, y el hecho de recoger en origen el residuo plástico utilizando buenas prácticas agrarias puede ser un factor importante para reducir la cantidad de residuos generados y mejorar las posibilidades de reciclado.

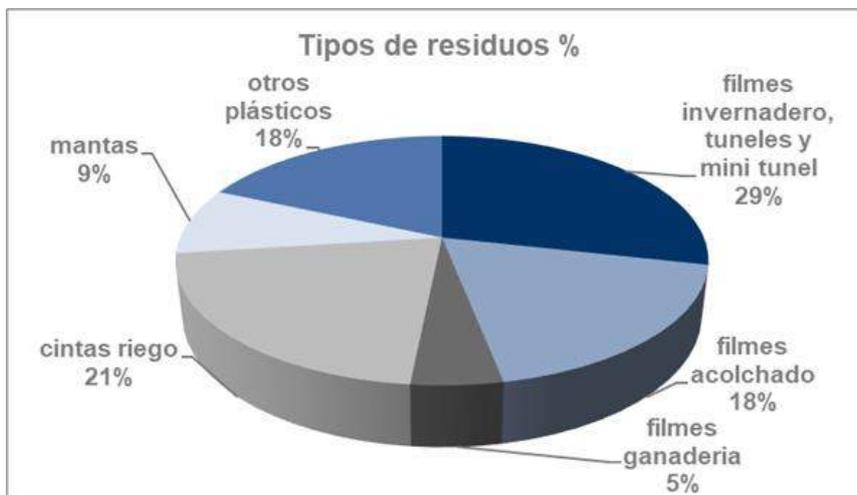


Figura 9. Distribución de residuos plásticos agrícolas por usos. Fuente: Cicloplast

De las 92.000 t de residuo film de tipo agrícola, aproximadamente el 43% corresponde a filmes de invernadero o para gran túnel, el 39% a filmes de acolchado y suelo, y el restante 18% a otros filmes, especialmente para pequeño túnel (Figura 10). Por lo tanto, aunque el consumo de plásticos para acolchados y solarización es inferior al de cubierta de invernadero, la producción de sus residuos casi alcanza el 40% de los residuos filmes totales. Esta distribución de la tipología de residuos es importante ya que los residuos plásticos utilizados para acolchado, solarización, etc., por la elevada cantidad de impropios que contienen, suponen una dificultad extra en su reciclado y un coste de transporte poco eficiente, ya que gran parte de lo que se transporta es tierra. Esto supone un coste mayor a pagar para su gestión.

La distribución de los residuos filmes generados en 2018 por comunidades autónomas (CC.AA.) se muestra en la Figura 11. Destacan por su importancia la Comunidad Autónoma de Andalucía con casi un 70%, Murcia con un 10%, Comunidad Valenciana con un 6% y Canarias con un 5%. Debido al uso de acolchados, destacan también Castilla la Mancha con casi un 3% y Navarra con el 1%. El restante 5% se reparte entre las otras CC.AA.

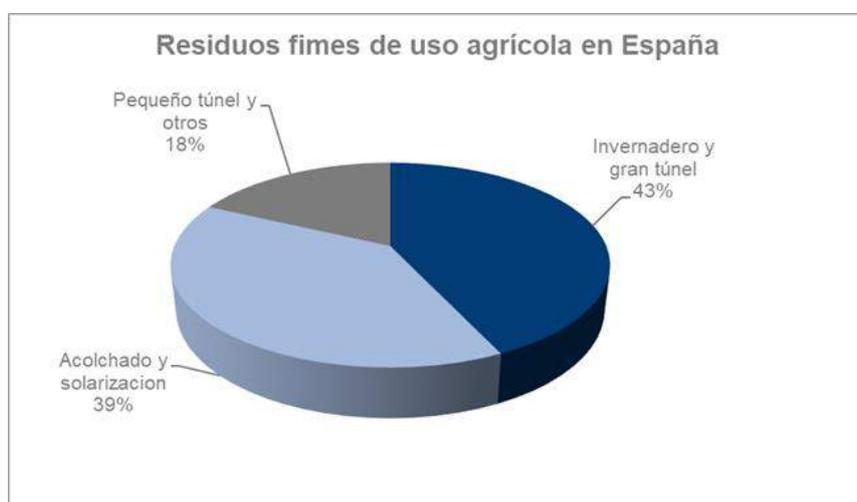


Figura 10. Distribución de residuos filmes por tipologías. Fuente: Cicloplast

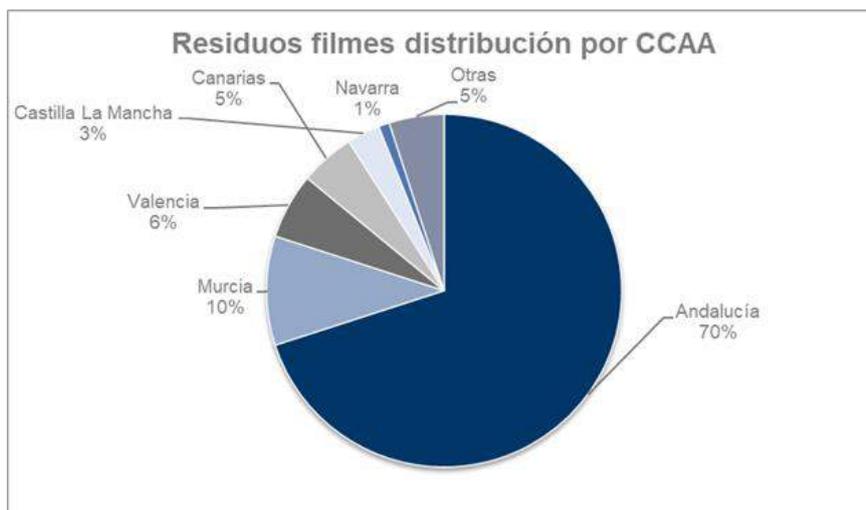


Figura 11. Distribución de residuos filmes por Comunidades Autónomas en 2018. Fuente: Cicloplast

4.2. Evolución de la producción de residuos filmes en cultivos

No existe una estadística sobre la producción de residuos filmes en España a lo largo del tiempo ya que su gestión y producción solo ha sido analizada y controlada en Andalucía. No obstante, sí se dispone de las estadísticas de hectáreas de cultivos protegidos (Figura 1). Ya se ha comentado el incremento constante del invernadero y la evolución discontinua en el acolchado, con una importante reducción en su uso en el año 2005 para luego incrementarse de nuevo a partir del año 2012.

Los datos históricos de producción de residuos en Andalucía se registraron durante el tiempo que funcionó el sistema de gestión de plásticos agrícolas Cicloagro, desde el año 2001 al 2005 y posteriormente entre los años 2013 al 2017. Los datos disponibles de esa época indican la evolución en la generación de residuos filmes plásticos en Andalucía en las tipologías invernadero y acolchado que se muestra en la Figura 12.

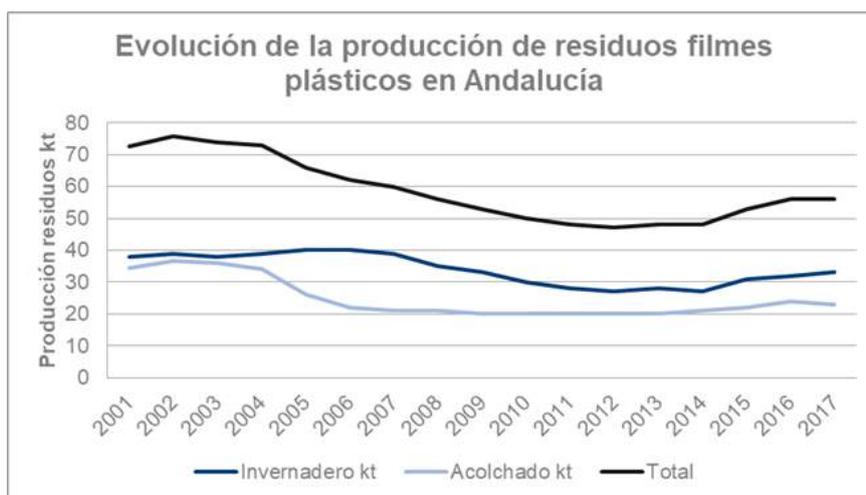


Figura 12: Producción de residuos plásticos agrarios en Andalucía de 2001 a 2017 Fuente: Cicloplast

Coincidiendo con los datos de la Figura 1, se observa una reducción en la producción de residuos de tipo acolchado desde las 34 kt registradas en el año 2000 hasta las 23 kt en 2017: “El empleo de filmes plásticos acolchados en los cultivos de Andalucía disminuyó en el año 2005 respecto a años anteriores, debido a la reducción de terrenos disponibles para determinados cultivos y a

otros factores, como los recortes de las subvenciones que desde la Unión Europea se produjeron en cultivos como el algodón” (Cicloagro,2007).

El consumo de filmes en invernadero, y en consecuencia su producción de residuos, se incrementa ligeramente, alcanzando 40 kt en el año 2007, cuando se reduce su consumo y producción hasta el año 2012 y 2013, en el que se llega al mínimo. Posteriormente se incrementa de nuevo hasta llegar a valores aproximados de 33 kt en 2017. Varios factores influyen en la reducción: los años de crisis en esa época y también el incremento de la durabilidad de los plásticos, que a partir del año 2000 empiezan a durar 3 campañas.

Si consideramos la producción total de residuos filmes en Andalucía (acolchado + invernadero), en el año 2000 se generaron casi 72 kt, posteriormente hay una reducción del año 2000 al 2012, para luego incrementarse desde 2013 hasta 2017 un 17%, hasta las 56 kt³². Por lo tanto, en 2017 nos encontramos todavía en cifras de producción de residuos un 22% inferiores a las registradas en Cicloagro en el año 2001.

5. Gestión de residuos plásticos agrarios

5.1. Evolución del ámbito legal en España

Las ventajas de productividad, económicas y ambientales derivadas del uso de los filmes plásticos en la agricultura no tienen un sentido positivo si la gestión del residuo generado no se lleva a cabo de forma correcta, pudiendo llegar a convertirse en un balance negativo si la gestión posterior del residuo se lleva a cabo de una forma inapropiada, enterrándose en el suelo o quemándose sin control. Además, estos residuos plásticos pueden reciclarse y convertirse en un recurso importante para la fabricación de nuevos productos plásticos.

Aunque el reciclado de estos plásticos se realiza desde hace muchos años, no siempre se efectúa en la totalidad de las tipologías de plástico, ni en todas las regiones de España, en muchas de las cuales supone un problema su incorrecta gestión. Esta situación deriva de la primera legislación de residuos en España del año 1998. Los residuos agrarios no tuvieron una consideración específica en la Ley 10/1998 de residuos. Estos residuos, de manera no muy clara, estaban incluidos en la definición de residuo urbano. De acuerdo a la misma, tal como se cita en documentos de la época, ya suponía un problema su gestión en el año 2000, lo cual animaba a los municipios a intervenir para su adecuada gestión:

“A nivel legal, no existe la categoría de residuos agrarios, entendidos éstos como el conjunto de los residuos generados por el sector agrario. La definición de residuos urbanos incluye los residuos provenientes de la actividad agraria que presentan características similares a los residuos generados por los hogares, comercios y servicios. La categoría de residuo urbano excluye los residuos peligrosos, los cadáveres de animales, los restos vegetales, los estiércoles y purines, y los sueros utilizados en la agricultura.

³² Estos residuos plásticos correspondían a los plásticos adheridos al sistema Cicloagro, la cantidad total de residuos filmes plásticos de uso agrario en Andalucía probablemente era algo superior (un 10%) por aquellos fabricantes no adheridos.

Algunos residuos agrarios pueden ser considerados residuo especial - un tipo de residuo urbano – cuando su recogida, transporte, valorización o eliminación sea dificultosa. Los ayuntamientos no tienen obligación de crear un servicio público de recogida específico y diferenciado para estos residuos, pero no hay inconveniente en que intervengan en la materia, dada su consideración de residuos asimilables a urbanos, entendidos como no peligrosos.”

En algunas imágenes de esta década en Canarias se hace patente ya el problema del abandono y la quema de residuos plásticos (Figura 13). En Andalucía, muchos ayuntamientos establecían puntos limpios para el acopio de residuos plásticos agrarios que en ocasiones se convertían en depósitos incontrolados debido a la falta de vigilancia.



Figura 13. Imágenes de gestión incorrecta de residuos plásticos agrarios en Canarias (Dupuis, 2009)

La Ley 22/2011 establece más claramente la responsabilidad para el productor del residuo respecto a los residuos de tipo agrario, incluidos los plásticos, lo cual tampoco soluciona el problema, que se identifica ya en el PEMAR (Plan Estatal Marco de residuos 2016-2022) en el capítulo dedicado a los residuos agrarios:

“En consecuencia, los residuos agrarios no exceptuados de la aplicación de la Ley 22/2011, de Residuos, y las cuestiones no reguladas en otras normativas, se regulan por la Ley 22/2011. En estos casos, los productores de residuos agrarios son los agricultores y ganaderos cuya actividad agrícola o ganadera produzca residuos o cualquier persona que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos.

Conviene reseñar que conforme a la distribución de competencias establecidas en el artículo 12, no es competencia obligatoria de los municipios la gestión de los residuos agrarios”.

En muchos casos, son residuos voluminosos que si se abandonan pueden producir un negativo impacto paisajístico ya que, en ocasiones, se producen verdaderas acumulaciones de plásticos que llegan a impedir el desarrollo de otras actividades económicas. Las prácticas de su abandono, enterramiento o quema incontrolada suponen un problema medioambiental considerable, que da lugar a un deterioro progresivo y acumulativo de las zonas donde estas prácticas se producen.

Si bien la Ley 22/2011 prevé la posibilidad de establecer Reales Decretos para los residuos para los que sea necesario un régimen de responsabilidad ampliada del productor del producto (RAP) y esta alternativa se destaca también en el PEMAR (2016), en este periodo no se ha desarrollado una normativa que establezca la posibilidad legal en España de establecer un régimen de responsabilidad ampliada del productor del producto (fabricante) para los plásticos de uso

agrario. Por lo tanto, en la actualidad la gestión del residuo es responsabilidad de los agricultores.

No obstante, en el futuro próximo la responsabilidad de la gestión de estos residuos plásticos va a cambiar. El Anteproyecto de Ley de residuos y suelos contaminados que está previsto se apruebe en el año 2021 establece en una disposición final que en el plazo máximo de 3 años desde la aprobación de la Ley se establecerá un Real Decreto que regulará la RAP para los plásticos de uso agrario. También posibilita el establecimiento de sistemas voluntarios de responsabilidad ampliada del productor, que podrán autorizarse adelantándose a la Ley siempre que cumplan unas determinadas condiciones. Esta posibilidad de implantar un sistema colectivo a partir del año 2022 supone un gran avance y una oportunidad para mejorar en España la gestión de estos residuos a futuro, incrementándose los índices de reciclaje, mejorando su trazabilidad y estableciendo un sistema sostenible en todas las regiones de España.

Atendiendo a esta necesidad, en el año 2020 se ha creado MAPLA como asociación sin ánimo de lucro que agrupa a los fabricantes de filmes de uso agrario, cubriendo aproximadamente el 85% de los filmes puestos en el mercado en España. El objetivo de esta asociación es organizar y financiar el sistema colectivo de responsabilidad ampliada del productor de ámbito nacional que se pondrá en funcionamiento previsiblemente durante el año 2022. El sistema funcionará con la colaboración de la cadena de valor (agricultores, cooperativas, distribuidores), para lo cual se está creando la entidad sin ánimo de lucro CIRPLAS, que se encargará de contratar la recogida y tratamiento y en la cual participará toda la cadena de valor. El ambicioso objetivo de esta entidad será recoger y reciclar a futuro el 100% de plásticos de uso agrario.

5.2. Evolución del ámbito legal en Andalucía

Andalucía, al ser la región de España con una mayor concentración de este tipo de residuos plásticos, fue la región pionera de España en establecer un régimen específico para los plásticos de uso agrario.

El Decreto 104/2000, de 21 de marzo, *por el que se regulan las autorizaciones administrativas de las actividades de valorización y eliminación de residuos y la gestión de residuos plásticos agrícolas*, en su exposición de motivos argumenta:

“Por otra parte, se ha considerado necesario incluir en este Decreto un capítulo dedicado a la gestión de los residuos originados por los plásticos y elementos de plástico usados en la agricultura en cultivos protegidos, asimilados a residuos sólidos urbanos por el artículo 3.3.f), de la Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental, de ámbito autonómico.

En Andalucía, al igual que en otras regiones de España, debido a la favorable evolución del mercado hortícola en nuestro país, los cultivos protegidos bajo plástico han experimentado un importante crecimiento en los últimos años. En la Comunidad Autónoma Andaluza este crecimiento se ve favorecido por las óptimas condiciones climáticas y unas horas de insolación superiores a la media nacional, por lo que ocupa el primer lugar en la utilización del plástico y elementos de plástico en la agricultura. Así, de datos recogidos del Anuario de Estadística Agraria, MAPA, se desprende que, de las más de 50.000 tm de plásticos filme polietileno de baja densidad (PEBD) que se consumen en España, más de 30.000 tm tienen su destino en Andalucía, lo que representa aproximadamente un 60% del total.”

“La Consejería de Medio Ambiente, consciente de este problema y de la necesidad de darle soluciones, y en virtud de las competencias que atribuye a la Junta de Andalucía el artículo 149.1.23 de la Constitución española, y el artículo 15.1.7 del Estatuto de Autonomía para Andalucía fomenta, mediante el presente Decreto, la consecución de una adecuada gestión de los residuos plásticos y elementos de plástico usados en la agricultura en cultivos protegidos.”

De esta manera, en el artículo 9 se obliga a los fabricantes de materias primas y productos plásticos a crear lo que se denomina “Grupos de Gestión”:

“Los fabricantes, distribuidores y vendedores de materia prima, plásticos y elementos de plástico para usar en explotaciones agrícolas (cultivos protegidos) vendrán obligados a participar en Grupos de Gestión que garanticen la correcta valorización y eliminación de los plásticos y elementos de plástico de desecho, así como a la asunción de los costes derivados de la citada actividad o su cobro a los usuarios”

Estos Grupos de Gestión debían establecer acuerdos con los municipios, que seguían manteniendo la competencia de la gestión.

Cicloagro, Grupo de Gestión, nace el 29 de febrero de 2000 como respuesta del sector de fabricación y transformación de filmes plásticos agrícolas al cumplimiento de lo establecido por el Decreto 104/2000 relativo a la recuperación de residuos plásticos agrícolas. Los fines y objetivos de la asociación sin ánimo de lucro Cicloagro fueron el diseño, promoción y organización de los sistemas de valorización de residuos de filmes plásticos de agricultura generados mediante el reciclado o la recuperación energética. Cicloagro funcionó desde el año 2000 hasta 2005, cuando la Junta de Andalucía no renovó su autorización.

El Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía adapta la gestión de residuos a lo establecido en la Ley 22/2011. En este Decreto, el capítulo IV se dedica a los residuos plásticos agrícolas y, en consonancia, con dicha Ley en su artículo 99 deja claramente establecido que los entes locales no son competentes, estableciendo la responsabilidad para fabricantes, importadores, adquirientes intracomunitarios o quienes pongan por primera vez en el mercado de la Comunidad Autónoma de Andalucía materia prima, plásticos y elementos de plásticos:

“1. Los residuos originados por los plásticos y elementos de plástico usados en la agricultura para la protección de cultivos tienen la consideración de residuos agrícolas, por lo que su gestión no compete a los entes locales.

“2. Las personas o entidades fabricantes, importadoras, adquirientes intracomunitarias o quienes pongan por primera vez en el mercado de la Comunidad Autónoma de Andalucía materia prima, plásticos y elementos de plásticos para usar en explotaciones agrícolas constituirán y participarán en cualquiera de los sistemas de gestión previstos en el artículo 63 de modo que se garantice la correcta recogida desde los puntos de acopio, el transporte y la valorización o eliminación de los plásticos y elementos de plástico de desecho, así como la asunción de los costes derivados de la citada actividad, por lo que les serán de aplicación los procedimientos de comunicación previa o de autorización regulados en este Reglamento.”

El Sistema de Gestión Cicloagro vuelve a autorizarse en el año 2012 y funciona en Andalucía desde dicho año 2012 hasta 2017, cuando, por motivos jurídicos, la Junta no puede renovar su

autorización. La regulación de los regímenes de responsabilidad ampliada del productor, de conformidad con lo establecido en el artículo 31.3 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados, es una competencia estatal, lo que determinaría que únicamente el Estado pueda imponer a los productores la constitución de un sistema colectivo o individual de responsabilidad ampliada del productor. Sin embargo, hasta esa fecha el Consejo de Ministros no había aprobado ningún Real Decreto que regulara la responsabilidad ampliada del productor del flujo de residuos de plásticos agrícolas, por lo que existía una falta de competencia territorial de la Junta de Andalucía para autorizar a Cicloagro. Corroborando dicha falta de competencias, se publicaron las sentencias dictadas por el Tribunal Supremo en fecha 15 de diciembre de 2016, las cuales declararon la ilegalidad de ciertos preceptos del Decreto 73/2012.

Desde 2017, año en que la Junta de Andalucía no autoriza el funcionamiento de Cicloagro, el responsable de la gestión del residuo es el poseedor o productor del residuo, es decir el agricultor.

5.3. El reciclado de plásticos de uso agrario

En 2019 se reciclaron en España 114 kt de plásticos agrícolas³³, incluyendo filmes, cintas de riego, manta, tubería y otros productos plásticos de uso agrario no envase, lo cual supone un 63,6% del residuo generado (Tabla 3). A partir de este material se obtiene granza reciclada, aproximadamente unas 75-80 kt (el resto son mermas, impropios, tierra).

Tabla 3. Evolución de la producción y reciclaje de los residuos plásticos de uso agrario (en toneladas).
Fuente: Cicloplast-Anarpla

Año	2016	2017	2018	2019
Producción de residuos	151.620	159.786	168.741	179.900
Residuo reciclado³⁴	76.047	92.094	101.377	114.482
% Reciclado de plásticos agropecuario	50,16%	57,64%	60,08%	63,64%

El reciclado de plásticos ha aumentado un 50% en 4 años, especialmente por el incremento en la capacidad de reciclaje de filmes. Actualmente, el sistema empleado es el reciclado mecánico. Sin embargo, a partir del año 2018 se produjo una crisis en el reciclado de algunos plásticos motivado por el cierre de fronteras a las exportaciones a China, principal destino de las exportaciones de plásticos para reciclar. No obstante, el sector del reciclado ha seguido creciendo en España, instalándose en Murcia la planta más grande de Europa para el tratamiento de plástico de tipo acolchado, con capacidad de tratamiento de más de 30.000 t/año.

La distribución e índice de reciclado no es homogénea en toda España, localizándose la mayor parte de los recicladores en Andalucía y Murcia. También hay una planta de reciclado en Galicia, y algunos recicladores de Valencia, Cataluña y otras regiones aceptan filmes, siempre que no estén excesivamente sucios. Al ser los costes de transporte del filme acolchado elevados, se

³³ Dato medido a la entrada de la planta de reciclado. En España se recicla aproximadamente el 85% de esta cantidad, el resto se exporta para ser reciclado en instalaciones extranjeras.

³⁴ Incluye el reciclado de plásticos en España y los exportados con destino a reciclado.

encarece su gestión y los índices de reciclado de algunas regiones del norte y oeste de España son inferiores, de forma que muchos de los plásticos acaban en vertedero o abandonados en los campos. Esta situación refuerza la necesidad de disponer de un sistema basado en la responsabilidad del productor, en colaboración con toda la cadena de valor, que posibilite de forma homogénea y sostenible la correcta gestión, y potencie el reciclado de los plásticos en toda España.

Los principales productos realizados con las granzas recicladas son filmes, bolsas de basura, tuberías, macetas e incluso mobiliario de jardín y macetas.

5.4. Evolución del reciclado de filmes de uso agrario en Andalucía

Los índices elevados de reciclaje en Andalucía han sido impulsados por la existencia del sistema de Cicloagro. Durante los años 2001 a 2005, los datos indican que se incrementó el reciclado de plásticos (Figura 14), a excepción del año 2005, en el que se redujo el reciclado de acolchados, si bien también en este año se redujo el uso de los plásticos de tipo acolchado.

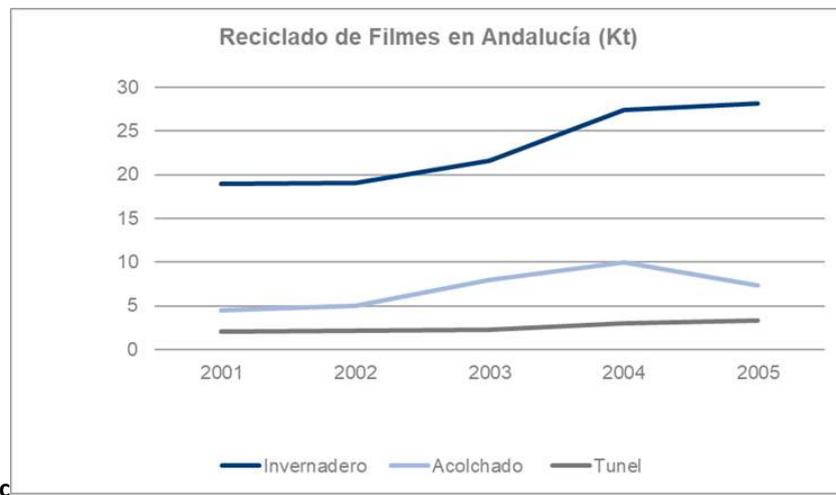


Figura 14. Reciclado de filmes en Andalucía de 2001 a 2005. Fuente: Cicloagro

En la segunda etapa de funcionamiento de Cicloagro, durante los años 2012 a 2017, se incrementó el reciclado de plásticos (Tabla 4), y el valor económico de la materia prima procedente de los plásticos de invernadero daba un valor positivo al reciclado de estos filmes, que permitía incluso pagar a los agricultores o compensar el valor negativo del reciclado de los filmes acolchados. En la fecha actual, debido a la reducción de exportaciones de residuo, se ha reducido el valor del plástico reciclado, especialmente del acolchado.

Tabla 4. Evolución del reciclaje de filmes plásticos agrarios en Andalucía de 2013 a 2016 según tipo de plástico (en toneladas). Fuente: Cicloagro

Año	2013	2014	2015	2016
Film acolchado fino (negro)	11.895	12.999	14.286	15.073
Film cubierta + otros film (blanco)	17.073	23.362	22.606	23.272
Otros plásticos (manta, mallas)		965	1.364	1.386
TOTAL	28.968	37.326	38.256	39.731

Durante estos años funcionaban entre Andalucía y Murcia más de 5 recicladores para plásticos agrícolas, de los cuales algunos reciclaban los plásticos acolchados, más difíciles de limpiar y reciclar.

5.5. Tecnologías de reciclado

Actualmente, la tecnología que se utiliza para reciclar los plásticos de uso agrario es el reciclado mecánico. En un futuro próximo podría aplicarse también alguna de las tecnologías de reciclado químico que actualmente están en fase de desarrollo. A continuación, se resumen brevemente ambas tecnologías.

Reciclado mecánico

El reciclado mecánico es el proceso por el cual se fabrican triturados, escamas y granzas plásticas que puedan ser utilizadas por los transformadores sin necesidad de un nuevo proceso. Por lo tanto, el producto que sale de las instalaciones de los recicladores puede ser considerado como una materia prima para la fabricación de nuevos productos. Se pueden obtener distintas calidades de materiales en función de los requisitos y especificaciones que demande cada producto.

Actualmente, los recicladores plásticos, de acuerdo a la Ley 22/2011, tienen que obtener previamente una autorización de gestor de residuos de tipo R3³⁵. A partir de la aprobación de la próxima ley de residuos, previsiblemente en el último trimestre de 2021, la situación respecto a estas actividades cambiará. Se ha definido en el anteproyecto de ley el denominado “Fin de condición de residuo”³⁶, y está anunciada la aprobación para finales del año 2021 de una nueva reglamentación que regule este fin de condición de residuo para los materiales plásticos. Todos los recicladores de tipo mecánico que alcancen el fin de condición de residuo serán considerados como categoría R 0307, mientras que aquéllos que no alcancen la calidad suficiente seguirán siendo residuos a la salida de sus instalaciones y, en consecuencia, el siguiente transformador en la cadena de valor deberá estar asimismo autorizado. Esto obligará a mejorar los procesos de calidad y de trazabilidad en las instalaciones de reciclado, que incrementarán la calidad y homogeneidad de los productos (granzas, triturados, escamas).

El reciclado mecánico presenta numerosas ventajas, como el reducido consumo energético y la relativa sencillez del proceso para obtener nuevas materias primas. No obstante, el reciclado mecánico no puede separar aditivos ni otras sustancias inherentes a la matriz del polímero. Los productos procedentes de reciclado mecánico cuyo origen sean plásticos de uso agrario no podrán utilizarse en aplicaciones en contacto con alimentos, ya que su producto de origen son plásticos no diseñados para el contacto con alimentos.

³⁵ Ley de Residuos 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados, en su anexo II, describe como operación de valorización R-3 el reciclado o recuperación de sustancias orgánicas (título genérico).

³⁶ Fin de la condición de residuo: Determinados tipos de residuos que hayan sido sometidos a una operación de valorización podrán dejar de ser considerados como tales siempre que cumplan todas las condiciones siguientes: que las sustancias resultantes deban ser usadas para finalidades específicas, que exista una demanda o mercado para dichas sustancias, que cumplan los requisitos técnicos, normas de producto y legislación existente para esos productos y que el uso de la sustancia no genere impactos adversos globales sobre el medio ambiente o salud humana.

Los procesos de tratamiento más complejos y caros son los que se utilizan para el reciclado de los acolchados y de solarización, en los cuales el residuo plástico incrementa su peso hasta 1,7 veces respecto al plástico limpio, es decir, de 5 kg de residuo únicamente se recuperan 3 kg de plástico. Por esto es muy importante la recogida de plásticos en origen sin tierra ni otros restos vegetales. El transporte del residuo es mucho más caro cuando el plástico está sucio ya que un camión de 10 t trasladaría 4 toneladas de tierra y solo 6 toneladas de plástico. Con este objetivo se están desarrollando y deberán desarrollarse maquinaria y tecnologías y buenas prácticas de recogida del plástico, eliminando la tierra en las propias fincas.

En general, el tratamiento del reciclado mecánico para plásticos agrícolas tiene las siguientes fases, aunque en función de la tipología de plástico y su uso incluye todas ellas o se simplifica el tratamiento, eliminando alguna como el pretriturado y el prelavado:

- **Recogida y clasificación:** tarea realizada por los recogedores o recuperadores, que hacen una primera limpieza y clasificación del plástico por polímeros y colores.
- **Selección y limpieza:** en la selección se realiza una limpieza del material, eliminando aquellos impropios como etiquetas, alambres, tierra, piedras, vegetales.
- **Pretriturado:** fase previa existente en algunas plantas en la que se realiza un primer triturado del material en trozos más grandes.
- **Triturado:** las piezas se desgarran o trituran en trozos más pequeños.
- **Prelavado:** en aquellos plásticos más sucios, se procede a realizar un prelavado.
- **Lavado:** el polietileno y el polipropileno flotan y se eliminan las impurezas que se depositan en el sistema de lavado. Las aguas de lavado son recuperables en procesos de depuración y se reutilizan.
- **Secado:** al final del proceso de lavado se elimina la humedad restante por medio de centrifugado y posterior aire caliente.
- **Densificación:** esta etapa solo se realiza en algunos procesos con plásticos más finos o para algunos acolchados.
- **Extrusión:** mediante una extrusora se funde el triturado, se somete a vacío, se filtra y, antes de que solidifique, se le da forma de granza apta para ser consumida por los transformadores.
- **Homogeneización:** la granza se almacena en silos donde se mezcla para obtener lotes de características homogéneas.
- **Analítica y control de calidad:** de cada lote se extrae una muestra de material que se analiza para determinar sus propiedades y aptitud para el proceso de transformación.

Reciclado Químico

Se define el reciclado químico como una tecnología de procesado de residuos plásticos que transforma directamente la estructura del polímero o del residuo plástico y lo convierte en sustancias químicas o productos materiales para la fabricación de plásticos u otros productos, siempre excluyendo la valorización energética³⁷.

El reciclado químico tiene la ventaja frente al reciclado mecánico que es capaz de extraer de la matriz del polímero aditivos u otros contaminantes del residuo. Esto puede realizarse mediante la purificación de las cadenas poliméricas eliminando contaminantes (proceso de purificación),

³⁷ <https://www.chemicalrecyclingeurope.eu/about-chemical-recycling>

o rompiendo la estructura del polímero en monómeros u otros productos químicos (depolymerización). Estos monómeros pueden ser posteriormente polimerizados, aunque no siempre los monómeros tienen que servir para fabricar plásticos; también pueden ser materia prima de otros productos.

El reciclado químico se puede dividir en tres grandes grupos de tecnologías:

- Depolymerización química
- Depolymerización térmica
- Purificación (disolución)

De las tres tecnologías, la que se adapta a los plásticos agrícolas por su composición y mezcla es la depolymerización térmica. La depolymerización térmica es el proceso mediante el cual un polímero se rompe en partes más pequeñas (monómeros) mediante el uso de altas temperaturas. El resultado se somete a procesos de destilación y purificación con el fin de recuperar los distintos productos. Las dos principales tecnologías de depolymerización térmica se diferencian en el uso del oxígeno:

- **Gasificación:** se realiza a temperaturas entre 700 y 1500°C y en presencia controlada de oxígeno para evitar la incineración, convirtiendo los plásticos en un syngas o gas de síntesis.
- **Pirólisis:** es un craqueo a temperaturas entre 300-900°C en ausencia de oxígeno. Tiene lugar a presión atmosférica, obteniéndose el denominado aceite de pirólisis y también un residuo sólido y un gas. El aceite de pirólisis se introduce en el craker junto con nafta para la fabricación de nuevos plásticos.

No obstante, para poder utilizar el residuo plástico, especialmente el acolchado, en los procesos de pirólisis térmica es necesario realizar un pretratamiento de limpieza del mismo eliminando piedras, tierra y otras impurezas. El aceite de pirólisis tiene que estar limpio para ser utilizado en procesos.

El futuro del reciclaje de los plásticos de uso agrario

Ambas tecnologías, reciclado mecánico y reciclado químico, se complementan y serán necesarias para conseguir una economía circular de los plásticos al 100%, con el fin de obtener productos con plástico reciclado de todas las tipologías. El refuerzo en el estímulo de los mercados de productos con plástico reciclado por parte de las administraciones, sectores económicos y la sociedad es clave para lograr la economía circular del plástico.

Existen muchos objetos de uso agrícola y rural que pueden fabricarse con plástico reciclado (Figura 15).

En la actualidad, existe un compromiso voluntario de la industria del plástico a nivel europeo en la Circular Plastics Alliance (CPA)³⁸ de incorporar para el año 2025 gran parte de las granzas recicladas en productos. El sector de la fabricación de plásticos agrícolas se ha incorporado a este compromiso y ya actualmente se utiliza material reciclado para la fabricación de filmes de

³⁸ La Comisión Europea lanzó la Circular Plastics Alliance en 2018, con el fin de impulsar que la industria del plástico introduzca 10 millones de toneladas de plástico reciclado en productos en el año 2025.
https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/circular-plastics-alliance_en

ensilado y acolchado, y se irá introduciendo granza reciclada cada vez en más productos, impulsando la economía circular del plástico.



Figura 15. Distintos productos fabricados con plástico reciclado (Solteco y Solway recycling)

Agradecimientos

Los autores agradecen a Carlos López García, responsable de I+D, Calidad y Medio Ambiente de Sotrafa S.A., sus valiosas aportaciones acerca de las innovaciones que han tenido lugar en la fabricación de filmes plásticos para agricultura.

Bibliografía

- APE EUROPE. Film sales by country 2018. (2021). <https://apeeurope.eu/statistics/> Acceso: 10 abril 2021.
- Cajamar. 50 años de invernaderos en Almería. (2013). <https://www.youtube.com/watch?v=wKfHpfuK8M4> Acceso: 10 abril 2021.
- Cicloagro. (2007). Datos del Grupo de Gestión. Solicitud de autorización.
- Cicloplast. (2019). Estadísticas de generación y reciclado de residuos plásticos.
- CPA Circular Plastics Alliance. (2018). https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/circular-plastics-alliance_en Acceso: 10 abril 2021.
- Solteco. Productos fabricados con plástico reciclado. (2021). http://solteco.org/productos_solteco Acceso: 10 abril 2021.
- Solway recycling. Productos fabricados con plástico reciclado. (2021). <https://www.solwayrecycling.co.uk/> Acceso: 10 abril 2021.

2. Tecnología de producción

- Enoch, H.Z.; Enoch, Y. (1999). The history and geography of the greenhouse. En: G. Stanhill; H.Z. Enoch (Eds.), *Greenhouse ecosystems, Ecosystems of the world 20* (pp. 1–15). Amsterdam: Elsevier.
- Espí, E. (2012). Materiales de cubierta para invernaderos. En: J.C. López; R. García Torrente (Eds.), *Innovación en estructuras productivas y manejo de cultivos en agricultura protegida, Cuadernos de Estudios Agroalimentarios 03* (pp. 71–88). Almería: Fundación Cajamar.
- Dupuis, I. (2009). *Residuos agrarios: Guía para la intervención municipal*. Gran Canaria: Asociación Insular de Desarrollo de Gran Canaria, Cabildo de Gran Canaria.
- Junta de Andalucía. (2015). *Cartografía de invernaderos en el litoral de Andalucía Oriental*. Año 2014.
- Junta de Andalucía. (2020a). *Cartografía de cultivos bajo plástico en la provincia de Huelva*. Campaña 2020. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/producto_estadistica/19/06/Informe_plastico_huelva_200310.pdf Acceso: 10 abril 2021.
- Junta de Andalucía. (2020b). *Cartografía de invernaderos en Almería, Granada y Málaga*. Año 2020. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/producto_estadistica/19/06/Cartografia%20inv_AL_GR_MA_v201127.pdf Acceso: 10 abril 2021.
- Junta de Andalucía. (2020c). *Cartografía de invernaderos en las provincias de Cádiz y Sevilla*. Año 2020. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/producto_estadistica/19/06/Cartografia%20inv_CA_SE_201211.pdf Acceso: 10 abril 2021.
- Hortoinfo. Análisis de los invernaderos de Almería. (2016). <http://www.hortoinfo.es/index.php/1440-anal-inv-150716> Acceso: 10 abril 2021.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (2011). BOE Núm. 181 Sec. I Pág. 85650–85705 <https://www.boe.es/boe/dias/2011/07/29/pdfs/BOE-A-2011-13046.pdf> Acceso: 10 abril 2021
- López, J.C.; Pérez-Parra, J.; Morales, M.A. (Eds.). (2006). *Plásticos para la agricultura. Manual de aplicaciones y usos*. Almería: IFAPA y CEPLA.
- MAPA. Anuario de Estadística. (2019). <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/default.aspx> Acceso: 10 abril 2021.
- MAPA. ESYRCE. Encuesta sobre superficies y rendimientos. (2020). https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/totalespanayccaa2020_tcm30-553610.pdf Acceso: 10 abril 2021.
- MITECO (2015). *Plan Estatal Marco de Residuos (PEMAR) 2016-2022*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y->

[estrategias/pemaraprobado6noviembrecondae_tcm30-170428.pdf](#) Acceso: 10 abril 2021

MITECO (2020). Anteproyecto de Ley de residuos y suelos contaminados. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/200602aplresiduosysc_informacionpublica_tcm30-509526.pdf Acceso: 10 abril 2021

Noval, A.M. Historia de las geomembranas en obra hidráulica. (2015). <https://geosyntheticmaterials.wordpress.com/2015/10/05/historia-de-las-geomembranas-en-obra-hidraulica/> Acceso: 10 abril 2021

Papaseit, P.; Badioila, J.; Armengol, E. (1997). Los plásticos y la agricultura. Reus: Ediciones de Horticultura.

ARRIGONI, pionero en la fabricación de mallas agrícolas

Davide Daresta

davide.daresta@arrigoni.it

Dpto. Técnico de Arrigoni

El uso de las mallas en la producción agrícola se inició en la década de 1960 y, tras un período de crecimiento comedido, la producción bajo ambiente protegido ha entrado en una fase de rápido aumento. Los cambios en el clima a los que no escapa ninguna región del mundo, el aumento del comercio internacional y, por lo tanto, el mayor movimiento de plagas y enfermedades y la demanda de producto local son varios de los principales motivos de la extensión de su uso.

A ello, se suma un consumidor exigente en cuanto a calidad exterior y preocupado por el medio ambiente, que demanda nuevos

productos libres de residuos. Este es el caso de las diversas variedades de ensaladas mínimamente procesadas, que necesitan de un suministro en especies y variedades tan amplio en el calendario anual como sea posible y de una calidad superior.

La empresa **ARRIGONI**, con sede central en Italia, es uno de los principales fabricantes de agrotexiles a nivel mundial. Con dos plantas de fabricación en Italia, sus mallas cubren toda la gama de necesidades de los cultivos y su departamento de I+D investiga día a día para mejorar las prestaciones de las existentes y atender a las nuevas necesidades.



Introducción

La demanda de mallas crece en todo el mundo en las diferentes áreas climáticas. Las mallas son una protección ecológica y, de hecho, uno de sus primeros usos fue la protección de los cultivos frente al granizo.

Actualmente, se usan también para el sombreado, ante el aumento global de la irradiación solar, como protección frente a insectos, así como muchos otros usos para una amplia gama de cultivos. Entre los motivos que están incentivando su uso,

destacan: la protección frente al cambio climático y a una mayor incidencia de plagas y enfermedades consecuencia del aumento del comercio internacional. También, los consumidores demandan cada vez más productos saludables, por lo que el uso de las mallas disminuye la necesidad de utilizar tratamientos fitosanitarios. Por último, las mallas permiten crear microclimas, lo que favorece el cultivo en más zonas, acercando el producto a los consumidores sin necesidad de largos transportes.

Los cambios climáticos

A lo largo de los años, el uso de las mallas se ha intensificado, siendo el cambio climático una de las principales causas. En el caso de la protección antigranizo, el agricultor afirma que se trata de un fenómeno cada vez más destructivo, con una mayor frecuencia e intensidad, que afecta también la producción del año siguiente.

También aumenta el uso de las mallas de sombreo. El área mediterránea ha sido tradicionalmente una zona de cultivo de uva para vino. El aumento de las temperaturas y la mayor irradiación produce un aumento en el contenido de azúcares en las bayas, indeseable si se desean mantener las características del vino en cuanto a grado alcohólico. Mientras antes era impensable el uso de mallas de sombreo en uva para vinificación, en zonas del sur de Italia, de España y de California, entre otras, se están colocando para continuar produciendo el vino que producían normalmente.

También aumenta el uso de mallas para proteger de la lluvia. Bari es una zona típica de producción de cerezas en Italia. Actualmente, se está experimentando un adelanto en las lluvias, coincidiendo muchas veces con la época de recolección, con los consiguientes problemas.

Igualmente, en el caso del viento, se observan vientos más intensos, que justifican la colocación de mallas de protección.

En otros casos, la implantación de las mallas no se tanto a los cambios climáticos sino a una mayor exigencia en calidad por parte de los consumidores. En las granadas, por ejemplo, el quemado por el sol produce un cambio indeseable en la coloración superficial del fruto, sin afectar a las características internas.

Soluciones

Desde su uso inicial como protección antigranizo, la fabricación de mallas se ha especializado para atender otras necesidades de protección, como son: las lluvias, heladas, insectos, pájaros, pantallas termorreflectantes para proteger del sol, protección de los cultivos al aire libre, contra el viento y malezas, cubresuelos reflectantes, mallas para entutorar y para cosechas frutas, criar caracoles, así como contenedores y accesorios.

Básicamente, para todas las especies existe alguna aplicación de interés de las mallas, con desarrollos de soluciones específicos para los cultivos de mayor importancia, como son: cítricos, fruta dulce, uva de mesa y vinificación, hortalizas, especies tropicales, jardinería, etc.

Arrigoni, un fabricante pionero de mallas

El polietileno (PE) fue sintetizado por primera vez, de forma casual, por el químico alemán Hans von Pechmann, a finales del s XIX. Esto ocurrió en 1898 y requirió el trabajo de diversos científicos hasta llegar a poder ser utilizado. Uno de ellos fue el profesor italiano Giulio Natta, quien junto con Karl Ziegler, recibió el premio Nobel de química en 1963 por sus contribuciones al uso del PE.

Al igual que ocurre con otros fabricantes de mallas, la experiencia de la firma **ARRIGONI** en tejidos parte del sector textil. Fue una de las primeras empresas en el mundo que, a principios de los años 60, empezó a fabricar mallas y tejidos agrícolas. La utilidad inicial fue la protección contra el granizo y hasta los años 90 del siglo pasado, no hubo demasiados cambios.

Después de 1999, se empezaron a fabricar las mallas antiinsectos, añadiendo así a la protección climática, la protección biológica y, desde hace unos 15 años, se han desarrollado las mallas para protección frente al sol.

Actualmente el concepto ha evolucionado desde la protección ante un fenómeno dado a dar soluciones para un cultivo determinado. Las mallas son productos y

soluciones complejas que influyen en muchos factores. Este es el caso de las soluciones para cítricos, piñas, sandía y melón, plátano, remolacha para semilla, zanahoria y col, escarola, tabaco, el secado de café; para la protección de la lechuga y otras hojas tiernas, manzanos y perales, granada, patata, melocotón, frutas pequeñas, tomate y pimiento, uvas de mesa y vinificación, cerezas, para proteger el césped, entre otros.

Actualmente hay fabricantes de mallas distribuidos en todo el mundo, con una tendencia a una mayor especialización en los mercados cercanos y productos de uso más extendido y menos técnico como pueden ser las mallas de sombreado, que provienen de países asiáticos como China o India



El Sr. Arrigoni en su fábrica de mallas agrícolas en Italia

Líder mundial en mallas antiinsecto

Arrigoni es líder mundial en mallas antiinsecto, una posición que ha ganado gracias al filamento extrafino y extrarresistente con el que se fabrican, que ofrece una buena barrera a la entrada de insectos y no supone un gran obstáculo al paso del aire.

Las mallas contra insecto se usa mucho en pimiento y tomate, especies que en su producción utilizan cada vez más alta tecnología. La producción en invernadero de estos frutos aumenta y las mallas se utilizan para evitar la infestación por virus. Es necesaria una protección contra los insectos vectores, pero a la vez que haya buena

ventilación para que la temperatura y la humedad sean menores y que este microclima beneficie a las plantas. Un cultivo en condiciones óptimas produce más frutos, de mayor calidad y con más rendimiento, resultados que sobrepasan la protección específica contra los vectores de enfermedades.

El control de la temperatura

Los aditivos confieren a las mallas propiedades especiales, una de las cuales es el control de la temperatura, otro aspecto en el que Arrigoni cuenta con una gama reconocida a nivel mundial. La composición química de la malla es muy importante para excluir los espectros luminosos que aumentan la temperatura. De esta manera, pueden producirse descensos de 8 a 9 °C de temperatura. Los agricultores que utilizan estos tipos de malla consiguen producir en períodos del año en que normalmente no se podría, sacando partido de su invernadero durante más meses. Más ciclos de producción y con más calidad.

Las zonas de cultivo donde se utilizan más las mallas se encuentran en América Central y del Sur, España, Italia, Marruecos y Sudáfrica, es decir, en general, donde la agricultura tiene la exportación como destino importante. También tienen mucha importancia en los ciclos de cultivo de ensaladas para IV gama, como las baby leaf, en que esta protección es fundamental para poder multiplicar los ciclos de cultivo. En floricultura, la demanda procede de países como Colombia o Etiopía, que tienen un sector desarrollado.

El futuro

El uso de materiales que tengan el menor impacto ambiental posible forma parte de las líneas principales de investigación en

Arrigoni. Una de ellas está enfocada a las materias primas renovables, provenientes de residuos de productos vegetales (biobased). La otra línea está enfocada a la reutilización de plásticos convencionales, provenientes del petróleo. Las mallas agrícolas tienen de por sí una duración prolongada, 10 años normalmente, pero la reutilización mecánica del plástico para el mismo fin no es posible por las materias extrañas que contiene. Esto si sería posible con el reciclaje químico, que vuelve al monómero etileno. Y en ello se está trabajando.

Uno de los aportes principales de las mallas a la sostenibilidad es la reducción del uso de productos fitosanitarios. Este es el caso de las mallas antiinsecto que impiden que éstos lleguen al cultivo.

Las nuevas aplicaciones tenderán a proteger totalmente a la planta, creando alrededor de ellas un ambiente ideal para su desarrollo. [Las mallas Protecta](#) nacieron como una malla contra la lluvia, pero la experiencia ha demostrado que se genera, para algunos cultivos como los frutos rojos, el microclima “perfecto” para su desarrollo. Esto abre la posibilidad de producir frutos rojos en zonas que en principio no tienen las condiciones ideales, pero sí tienen consumidores que anhelan disfrutar de productos que, al ser locales, tienen una menor huella de carbono.



ARRIGONI S.P.A

Via Monte Prato, 3

22029 UGGIATE TREVANO (MI) – ITALIA

Tel.: (+39) 031 803 200

info@arrigoni.it

<https://www.arrigoni.it/agrotextile/>

LUZ DE CALIDAD. CONTROL DE TEMPERATURA.



Prisma, Robuxta

Las pantallas termo-reflectantes mejoran el microclima y reducen la temperatura al tiempo que aumentan el porcentaje de luz difusa.

Difusión de la luz

PRISMA  | ROBUXTA 



2.13. Mallas agrícolas

Antonio J. Álvarez* y Rocío M. Oliva

*ajalvare@ual.es

*Laboratorio para el Desarrollo y Evaluación de Agrotexiles. Escuela Superior de Ingeniería.
Departamento de Ingeniería. Universidad de Almería*

Índice

1. Introducción
2. Confección de las mallas antiinsectos
3. Densidad del tejido, grosor de los hilos y tamaño de los poros
4. Porosidad de las mallas antiinsectos
5. Uniformidad de las mallas antiinsectos
6. Eficacia de las mallas antiinsectos
7. Fotoselectividad
8. Propiedades aerodinámicas
9. El efecto cárcel como criterio de diseño. Carácter tridimensional
10. Normativa

Resumen

El consumo de agrotexiles se incrementa año tras año debido a los múltiples beneficios que se obtienen de las variadas aplicaciones a las que se destinan relacionadas con el control climático, la protección frente a las inclemencias meteorológicas, el control de malas hierbas o la protección frente a pájaros e insectos nocivos. Dada a la importancia que tienen, el capítulo se centra en los tejidos relacionados con la protección de cultivos frente a plagas de insectos. Desde que, hace unas décadas, las mallas antiinsectos comenzaron a utilizarse como método físico de protección de cultivos su diseño ha evolucionado dando lugar a la confección de tejidos cada vez más tupidos para combatir las plagas de insectos voladores de dimensiones reducidas. Esta evolución ha perseguido evitar la excesiva reducción de la porosidad de las mallas y, para ello, a medida que la separación entre hilos ha disminuido, se han utilizado hilos de menor grosor. Las separaciones entre hilos no han disminuido por igual en ambas direcciones, sino que lo han hecho de una forma más acusada para la urdimbre dando lugar a poros cada vez “más rectangulares” para basar la estrategia de defensa en el denominado “efecto cárcel”. A pesar de estos intentos, la porosidad de las mallas más tupidas es reducida y esto se traduce en tejidos que ofrecen una gran resistencia al paso del aire y que, por tanto, pueden agravar los problemas de ventilación que se derivan de su uso. En el texto también se describen los parámetros que ayudan a valorar las prestaciones de las mallas antiinsectos, se repasan las propiedades

fotoselectivas de las mallas en su relación con la exclusión de insectos y se resume el actual panorama normativo español.

1. Introducción

El sector industrial dedicado a la confección de textiles para usos agrícolas y pesca tiene una importancia global muy significativa; englobado en el sector de textiles técnicos que crece aproximadamente a un ritmo del 4% anual (McCarthy, 2016), el sector agrotéxtil fue valorado en 2016 en 8.46 billones de dólares (USD) (Market Analysis Report, 2021). Los textiles destinados a usos agrícolas pueden clasificarse en las siguientes categorías:

Textiles para el control climático

Su principal cometido es modificar la radiación solar que llega al cultivo tanto cuantitativa como cualitativamente. Estos textiles instalados sobre el cultivo tienen, según las necesidades, el doble cometido de disminuir la cantidad de radiación que llega a las plantas durante las horas de sol, evitando temperaturas excesivamente altas, y reducir la pérdida de radiación de onda larga emitida por el cultivo y su entorno durante el periodo nocturno, evitando, de esta forma, las pérdidas de calor. También se emplean para controlar el fotoperiodo.

- **Mallas de sombreado:** se utilizan para reducir la radiación que incide sobre las plantas en los periodos cálidos en aquellos casos en los que la ventilación y/u otros sistemas de climatización se muestran insuficientes para controlar la temperatura. Se fabrican en distintos colores que permiten variar el espectro radiativo que llega al cultivo. Por tanto, en el mercado existe una amplia variedad de mallas de sombreado que se definen por la transmitancia a la radiación PAR según define la norma UNE 40610:2020.
- **Pantallas de oscurecimiento:** también se utilizan para disminuir la radiación que llega al cultivo, pero, en este caso, se persigue proteger al cultivo de la radiación solar directa o regular el fotoperiodo para plantas ornamentales exigentes en este sentido. Normalmente se fabrican con doble malla: una de poliéster o polietileno negro y otra aluminizada en la parte superior.
- **Pantallas térmicas:** con su uso se pretende actuar sobre la temperatura del interior del invernadero tanto cuando la temperatura exterior es elevada como cuando es baja. Para ello suelen tener una o las dos caras aluminizadas que pueden reflejar hasta el 90% de la radiación solar suponiendo un importante ahorro de la energía empleada por los sistemas de climatización.
- **Mantas térmicas:** aunque su uso principal está destinado a la modificación del microclima en el entorno de cultivo, su empleo también aporta prestaciones en la protección de cultivos actuando como barreras físicas. Se describen con algo más de detalle un poco más adelante.

Textiles para la protección frente a las inclemencias meteorológicas

- **Mallas antigranizo:** diseñadas para que el granizo no dañe el cultivo, son tejidos flexibles y resistentes que suelen estar confeccionados con hilos monofilamento de polietileno y sus densidades de hilos abarcan entre 3 - 6 hilos/cm para la dirección de urdimbre, y 2.5 - 4 hilos/cm en la de trama.

- **Mallas cortavientos:** se trata de mallas que actúan como barreras de protección frente a los fuertes vientos. Están tejidas, normalmente, con hilos monofilamento de polietileno y, como en el grupo anterior, encontramos tejidos de baja densidad de hilos, aunque ligeramente más tupidas.

Textiles para otras aplicaciones

- **Mallas antipájaros:** destinadas a la protección de cultivos y árboles frutales frente a la acción de las aves. Estas mallas están tejidas con hilos monofilamento de polietileno y fabricadas con bajas densidades, en torno a 2×3 hilos/cm².
- **Cubresuelos:** son mallas muy poco porosas tejidas con cintas de polipropileno que se utilizan para cubrir el suelo siendo su principal aplicación el control de las malas hierbas. Se fabrican en una amplia variedad de colores, pero, habitualmente, las más utilizadas son de color negro.

Barreras físicas textiles para la protección de cultivos contra insectos

Las mallas antiinsectos son un método físico de protección de cultivos cuyo uso se ha extendido por muchas áreas del mundo durante las últimas décadas. En cultivos intensivos bajo invernadero, estos agrotexiles se colocan en las aperturas laterales y cenitales destinadas a la ventilación. En el sur de España, por ejemplo, un 90% de los invernaderos disponen de mallas antiinsectos como barrera física contra los insectos (Bailey, 2003). Estas barreras físicas textiles comenzaron a utilizarse hace algunas décadas con el objetivo de evitar la entrada de pájaros al interior del invernadero y de proteger de los fuertes vientos a las plantas próximas a las aberturas de ventilación. En aquel entonces, se trataba de mallas muy poco densas que contaban con pocos hilos por unidad de longitud en cada una de las direcciones principales del tejido. Pronto se advirtió su potencial como método de control de plagas y comenzaron a fabricarse mallas más densas que dieron excelentes resultados impidiendo o reduciendo la entrada de insectos al interior del invernadero.

También se construyen invernaderos cuyo cerramiento se resuelve mediante la instalación de mallas antiinsectos, dando lugar a lo que se denomina como invernaderos de malla. Se trata de estructuras más simples que, en general y dependiendo del tipo de cultivo, son más apropiadas en climas más cálidos. Además, la evolución de las mallas antiinsectos se ha traducido en mayor diversidad de usos, y no sólo en el sector agrícola, puesto que, hoy en día, también se utilizan en aplicaciones acuícolas y piscícolas (Giannoulis *et al.*, 2021).

En cultivos al aire libre se utilizan textiles no-tejidos de polipropileno (mantas térmicas) que reciben el nombre de cubiertas flotantes (Nebreda *et al.* 2005) y se disponen directamente sobre el cultivo sin ningún tipo de soporte (Avilla *et al.* 1994). Esta cubierta textil se suele retirar en las últimas fases de desarrollo del cultivo. Los no-tejidos también se emplean como cerramiento de microtúneles y como cerramiento interior en invernaderos. En cualquiera de los casos, el objetivo perseguido es mejorar las condiciones microclimáticas del cultivo para conseguir un adelanto de la cosecha, mejora del rendimiento e, incluso, protección contra las heladas. El manejo debe ser adecuado ya que, en ciertas circunstancias, el exceso de humedad puede favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas. Pero, además, las mantas térmicas pueden actuar como barreras físicas y proteger el cultivo de insectos-plaga. Es por este motivo que, si

también se consideran estas prestaciones de las mantas térmicas, se pueden obtener un conjunto de resultados muy interesantes para el agricultor.

El objetivo de las mallas de protección es impedir o disminuir la entrada de las principales especies de insectos plaga al interior del invernadero. Por tanto, desde el punto de vista de la protección vegetal, deben diseñarse en función del tamaño de la especie de insecto plaga más diminuta cuya presencia en el interior del invernadero sea indeseable. Berlinger *et al.* (2002), afirman que la tasa de penetración de los insectos a través de una malla es directamente proporcional al tamaño de poro del tejido. Sin embargo, la habilidad de los insectos para pasar por una abertura no debe predecirse únicamente en función de la anchura torácica del insecto y del tamaño del hueco (Bethke y Paine, 1991). Realmente, el problema es bastante más complicado que todo esto ya que, como veremos más adelante, además del tamaño de poro que es fundamental, la geometría del poro (plana y tridimensional) y la especie considerada determinan la eficacia del textil.

Especies de áfidos, moscas blancas, trips y minadores son algunas de las plagas de insectos más peligrosas que dañan los cultivos bajo invernadero. Estas plagas no sólo producen daños directos como consecuencia de la alimentación y puesta de las hembras, sino que también son transmisoras de organismos fitopatógenos (Smith, 1972; McLean *et al.* 1986). De hecho, en determinados casos, esta característica de las plagas resulta mucho más preocupante que los propios daños directos que ocasionan (Brow y Brow, 1992; Lacasa y Contreras, 1993). Por ejemplo, el virus TYLCV (*Tomato Yellow Leaf Curl Virus*) transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci* es uno de los virus más extendidos (Berlinger *et al.*, 1991; Ausher, 1997; Berlinger *et al.*, 2002) y provoca graves pérdidas económicas (Horowitz *et al.*, 1994).

El empleo de las mallas de protección reduce las poblaciones de insectos plaga en el interior del invernadero, disminuye la incidencia de enfermedades transmitidas por insectos vectores y, como consecuencia, reduce el número necesario de aplicaciones con pesticidas. Acciones preventivas, como la exclusión de plagas, deberían considerarse como una de las primeras medidas a tener en cuenta en un sistema de control integrado (Bell y Baker, 1997, 2000). En este sentido y refiriéndose a *Bemisia tabaci*, Berlinger *et al.* (2002) afirman que deben tomarse medidas de control complementarias ya que, incluso protegiendo todas las ventanas y puertas con mallas y garantizando que las plántulas provenientes de semillero estén libres de insectos, durante el transcurso del cultivo habrá presencia del insecto en el interior del invernadero. Entre las posibles causas, al margen de la eficacia relativa de la malla, cabe destacar la falta de hermeticidad de los invernaderos mediterráneos y el poco interés que los agricultores prestan, en general, al estado de conservación del cerramiento plástico y de la propia malla (Garijo, 1992).

La instalación de mallas antiinsectos en las ventanas de los invernaderos también evita la salida de los insectos polinizadores (Berlinger *et al.* 2002; Fatnassi *et al.*, 2002) y de los insectos empleados en los programas de control biológico (Berlinger *et al.*, 2002), y protege las líneas situadas cerca de las ventanas de los efectos provocados por los fuertes vientos (Díaz, 2003).

Por tanto, estos agrotexiles representan un método de control que cada vez está más aceptado y extendido. Su auge también se debe a los inconvenientes derivados de la lucha química como la pérdida de eficacia de los insecticidas debida a la rápida aparición de poblaciones resistentes,

el alto coste de los tratamientos, el impacto ambiental, la eliminación de los agentes de control biológico, el marco legal cada vez más rígido y restrictivo, los problemas de residuos en las cosechas y el consecuente rechazo de los mercados, y el elevado riesgo para los operarios encargados de realizar las aplicaciones como consecuencia del tiempo empleado y del tipo de toxicidad (media-alta) de los insecticidas.

2. Confección de las mallas antiinsectos

La fabricación de estos textiles comienza en las manufacturas de hilados que reciben la materia prima en forma de granza. El material empleado es, fundamentalmente, polietileno de alta densidad que representa un 60% en el consumo de materias primas del mercado español de agrotexiles (Fernández y Salgado, 2006). El empleo del poliéster permite obtener hilos de menor diámetro, pero su vida útil es más limitada frente a las radiaciones solares (Bethke, 1994). El proceso parte con la fusión de la granza en la tolva de la extrusora. En este momento la materia prima se aditiva para mejorar sus propiedades. Se emplean aditivos de todo tipo y con múltiples objetivos: con el fin de que el propio proceso de fabricación no degrade el producto y mejorar, así, su calidad final; con el objetivo de aumentar la estabilidad de los polímeros frente a la acción de las radiaciones ultravioletas (esta es una de las aditivaciones más importantes); en algunos casos se utilizan aditivos para incorporar a los hilos propiedades fotoselectivas con el objetivo de interferir en las señales visuales que atraen a los insectos hacia las plantas que parasitan; otros aditivos, los colorantes, empleados para teñir los hilos de color tienen el inconveniente de reducir la cantidad de radiación disponible para el cultivo.

Cuando la masa fundida sale por la boquilla de la extrusora en forma de delgado hilo se enfría y pasa a las etapas de *estirado* y *fijación* donde obtendrá sus propiedades y dimensiones definitivas. El aumento de longitud del monofilamento (relación de estirado) dependerá de la velocidad diferencial de los rodillos que hacen avanzar al hilo y tiene un peso muy importante en las propiedades mecánicas del producto fabricado. En la etapa de fijación el hilo vuelve a calentarse y se hace circular por otro juego de rodillos para contraerlo. El objetivo de esta fase es conferir estabilidad al tejido frente a las contracciones que experimentan los hilos como consecuencia de los aumentos de temperatura. El proceso de fabricación finaliza con el bobinado del hilo. Los diámetros o títulos de los monofilamentos que se fabrican en las hilaturas para confeccionar mallas antiinsectos oscilan, normalmente, entre 0,18 y 0,35 mm.

Los distintos procedimientos de fabricación de las mallas antiinsectos incluyen la tecnología de *calada*, *punto*, otros procesos que permiten obtener *telas no tejidas* y *láminas perforadas* que con propiedad no deberían ser denominadas mallas sino barreras antiinsectos (NGMA, 2001; Fernández y Salgado, 2006). La tecnología de punto consiste en formar una malla entrelazando el hilo mediante agujas en una serie de lazadas unidas entre sí, consiguiendo un tejido muy resistente al rasgado. Las telas no tejidas (mantas térmicas) se obtienen uniendo o entrelazando las fibras con métodos mecánicos, químicos o térmicos; los agrotexiles no tejidos se obtienen principalmente mediante adhesión termoplástica. La fabricación de láminas perforadas realmente no es una tecnología que esté relacionada con el sector textil; se obtienen realizando perforaciones de pequeño diámetro en una lámina, normalmente, de polietileno; este tipo de barreras antiinsectos no se utilizan en España.

La tecnología más comúnmente empleada para la confección de las mallas antiinsectos consiste en telares a la plana que emplean la técnica de calada. Consiste en entrelazar perpendicularmente dos conjuntos de hilos que reciben el nombre de trama y urdimbre (Figura 1). Los hilos de urdimbre son los que se disponen longitudinalmente. En función de la densidad de fibras que se persiga conseguir y del ancho de la malla, un número determinado de bobinas de hilos se enrollan en el enjulo o plegador de urdimbre: se trata de un cilindro que gira lentamente a medida que trabaja el telar. Los hilos de urdimbre se dividen en dos conjuntos (pares e impares) que se distancian vertical y alternativamente dando lugar a una separación o calada. En cada calada se hace circular un hilo de trama conducido por una lanzadera, u otro sistema, que queda entrelazado perpendicularmente con la urdimbre creando la estructura del tejido. El factor limitante en la producción es la velocidad de la lanzadera lo cual determina que la dirección de hilos menos tupida sea la de trama. El tejido confeccionado se bobina quedando listo para su comercialización.

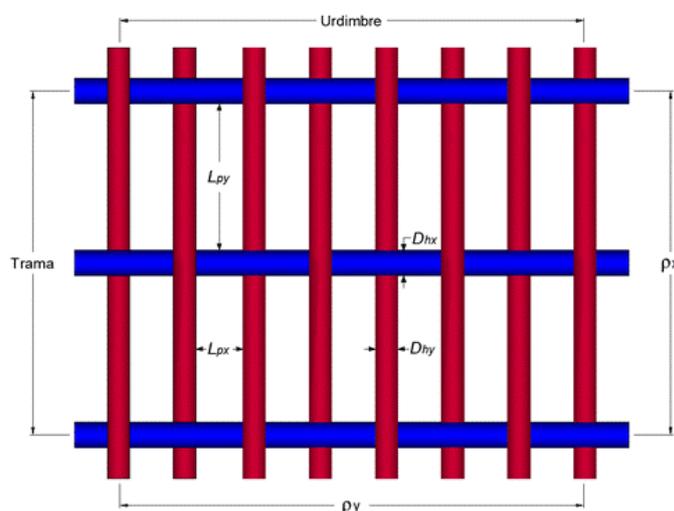


Figura 1. Esquema de una malla antiinsectos

3. Densidad del tejido, grosor de los hilos y tamaño de los poros

Supongamos que tenemos una malla con una densidad 20×10 hilos/cm². Si de esa malla recortamos una muestra cuadrada de 1 cm de lado tendríamos que en la dirección más tupida (urdimbre) habría 20 hilos (realmente 19 hilos y, en los bordes de la muestra recortada, dos mitades de hilos que en total suman 20 hilos) y en la dirección de hilos menos densa (trama) habría 10 hilos, es decir, la dirección de urdimbre tiene una densidad de 20 hilos en ese centímetro (20 hilos/cm) y la dirección de trama tiene 10 hilos en ese centímetro (10 hilos/cm). Si conjugamos esta información decimos que tenemos una malla con una densidad de 20×10 hilos/cm². En lugar de referirnos a los hilos podríamos hablar de huecos o poros y se puede decir que esa malla tiene 20×10 huecos/cm² (200 poros en cada centímetro cuadrado).

En general, al hablar de la densidad de hilos de una malla diremos que el tejido tiene $\rho_y \times \rho_x$ hilos/cm² y, por tanto, ρ_y indica la densidad de hilos de urdimbre y ρ_x indica la densidad de hilos de trama (Figura 1). El criterio que utilizaremos será el de asignar el subíndice 'x' a todas las variables que se relacionen con la dirección de trama y el subíndice 'y' a todas las variables

que se relacionen con la dirección de urdimbre. Si llamamos L_p a la dimensión de los poros y D_h al diámetro de los hilos, tendremos que L_{px} y D_{hx} representan, respectivamente, el ancho del poro y el grosor de los hilos de trama; y que L_{py} y D_{hy} simbolizan, respectivamente, el largo del poro y el grosor de los hilos de urdimbre. Identificadas estas variables, es decir, la densidad de hilos ($\rho_y \times \rho_x$), el grosor de los hilos (D_{hx} y D_{hy}) y las dimensiones de los poros (L_{px} y L_{py}), se pueden establecer unas relaciones muy sencillas de tal forma que, si son conocidas dos de ellas, se puede calcular la tercera. Si se conoce la densidad de hilos en la dirección de urdimbre ρ_y y el grosor de los hilos de esta dirección del tejido D_{hy} se puede calcular el ancho del poro L_{px} (longitud del poro medida en la dirección de la trama) mediante la siguiente expresión:

$$L_{px} = \frac{1}{\rho_y} - D_{hy}$$

De forma semejante, si se conoce la densidad de hilos en la dirección de trama ρ_x y el grosor de los hilos de esta dirección del tejido D_{hx} se puede calcular el largo del poro L_{py} (longitud del poro medida en la dirección de la urdimbre):

$$L_{py} = \frac{1}{\rho_x} - D_{hx}$$

Si continuamos con el ejemplo de la malla 20×10 hilos/cm² y, además, el fabricante nos dice que la malla ha sido tejida con hilos de 230 μm de grosor tendríamos que el ancho del poro es:

$$L_{px} = \frac{1}{\rho_y} - D_{hy} = \frac{1}{20 \frac{\text{hilos}}{\text{cm}} \frac{\text{cm}}{10^4 \mu\text{m}}} - 230 \mu\text{m} = 270 \mu\text{m}$$

y el largo del poro:

$$L_{py} = \frac{1}{\rho_x} - D_{hx} = \frac{1}{10 \frac{\text{hilos}}{\text{cm}} \frac{\text{cm}}{10^4 \mu\text{m}}} - 230 \mu\text{m} = 770 \mu\text{m}$$

Es decir, tendríamos una malla de 20×10 hilos/cm² con unas dimensiones medias de los poros de 270×770 μm². Sin embargo, si consideramos la misma malla, pero en lugar de estar tejida con hilos de 230 μm estuviera tejida con hilos de 260 μm tendríamos que las dimensiones medias de los poros serían, en este caso, 240×740 μm². Es decir, al incrementar el grosor del hilo en 30 μm se produce una reducción del 14,6% en la superficie media de los poros. Por tanto, en ambos casos estaríamos hablando de una malla 20×10 hilos/cm² pero con características muy distintas.

Desde el punto de vista de la exclusión de insectos, a igualdad de densidad de hilos, la malla tejida con hilos de mayor grosor confiere mayor protección que la malla tejida con hilos más delgados (también podrá generar mayores problemas de ventilación). En definitiva, lo importante es destacar que debemos evitar hacer referencia a las mallas antiinsectos sólo atendiendo a su densidad de hilos porque, como acabamos de ver, según el grosor del hilo con el que estén tejidas habrá unas diferencias muy importantes en lo que al tamaño del poro se refiere.

4. Porosidad de las mallas antiinsectos

La porosidad φ es otro parámetro muy importante de las mallas antiinsectos. Se define como la relación entre el área ocupada por huecos A_p con respecto al área total A_t de una superficie elegida de tal forma que exista una asignación proporcional entre la superficie total y la superficie porosa. Para que esto quede más claro, si quisiéramos obtener la porosidad atendiendo a un solo poro, la superficie total habría que elegirla tomando como referencia el eje de los cuatro hilos que definen ese poro como se muestra en la Figura 2.

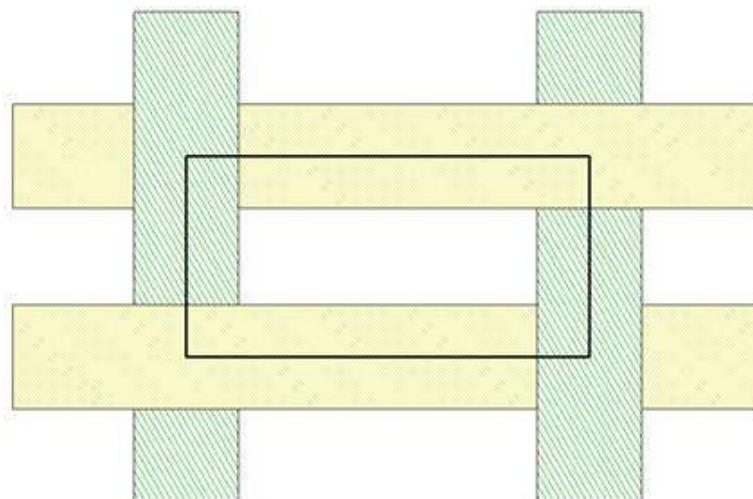


Figura 2. Asignación proporcional entre superficie porosa y matriz sólida (hilos)

Dada una malla cualquiera, si conocemos la densidad de hilos de la malla $\rho_y \times \rho_x$ y el grosor de los hilos (D_{hx} y D_{hy}) que se han utilizado para tejerla se puede calcular, de una forma muy sencilla, las dimensiones medias de los poros (L_{px} y L_{py}) como antes se indicaba. Conocidos el ancho y el largo de los poros se puede calcular la porosidad de la muestra con esta sencilla expresión:

$$\varphi = \frac{L_{px}L_{py}}{(L_{px} + D_{hy})(L_{py} + D_{hx})}$$

Si lo aplicamos al ejemplo anterior podríamos calcular la porosidad de una malla con una densidad de 20×10 hilos/cm² tejida con hilos de grosor igual a $230 \mu\text{m}$. Una malla de estas características tiene unos poros cuyo ancho L_{px} tiene un valor de $270 \mu\text{m}$ y cuyo alto L_{py} tiene un valor de $770 \mu\text{m}$. Aplicando la expresión anterior obtendríamos el siguiente valor de porosidad:

$$\varphi = \frac{L_{px}L_{py}}{(L_{px} + D_{hy})(L_{py} + D_{hx})} = \frac{270 \mu\text{m} \cdot 770 \mu\text{m}}{(270 \mu\text{m} + 230 \mu\text{m})(770 \mu\text{m} + 230 \mu\text{m})} = 0,416$$

Normalmente, este valor se multiplica por cien para expresarlo de forma porcentual. Por tanto, la malla que estamos utilizando de ejemplo tiene una porosidad φ del 41,6%. Si aplicamos estas operaciones a una malla 20×10 hilos/cm² tejida con hilos de $260 \mu\text{m}$ de grosor obtendríamos que la porosidad sería ahora del 35,5% y esta diferencia (que es muy importante) nos sirve, de nuevo, para subrayar que no todas las mallas con la misma densidad de hilos son iguales.

5. Uniformidad de las mallas antiinsectos

Los valores que hemos calculado sobre los ejemplos propuestos (dimensiones de los poros y porosidad de la malla) expresan los valores que se obtendrían en el supuesto de que la malla fuera perfecta, es decir, en el caso de que la separación de los hilos en las direcciones de trama y urdimbre fuera siempre la misma y en el caso de que el grosor de los hilos fuera idéntico. En tanto que alguna de las dos condiciones anteriores deje de cumplirse, los datos calculados serían valores medios que por sí solos no serían suficientes ya que habría que conocer la dispersión de las medidas en torno a estos valores medios. Nuestra experiencia previa nos indica que el grosor de los hilos suele presentar poca dispersión, pero no ocurre lo mismo con la separación de los hilos y es frecuente encontrar mallas como la que se observa en la Figura 3.

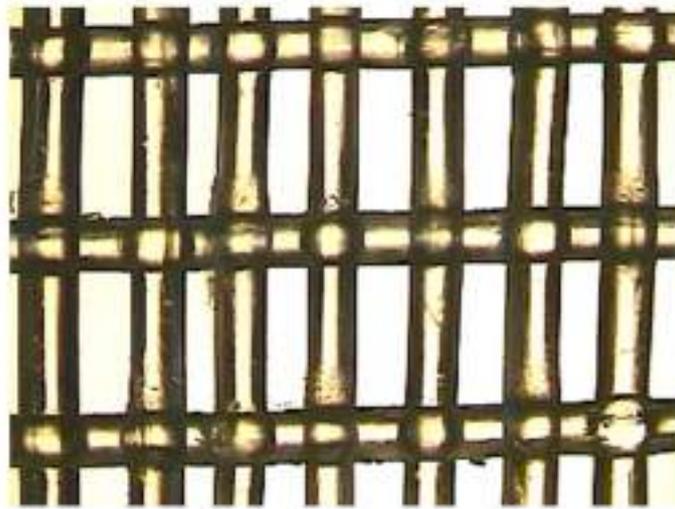


Figura 3. Malla antiinsectos (20×10 hilos/cm²) con mucha heterogeneidad de tamaños de poro

El tejido que se muestra en la imagen corresponde a una malla de densidad 20×10 hilos/cm² que está tejida con hilos de 270 μm de grosor. Si aplicamos las expresiones para obtener las dimensiones de los poros y la porosidad se obtendría que el ancho medio del poro L_{px} es igual a 230 μm y que el largo del poro L_{py} vale 730 μm . Aunque en este caso esta información no nos sirve de mucho porque si observamos la imagen se comprueba que los poros tienen dimensiones muy dispares debido a que la separación entre los hilos de urdimbre es muy irregular. Sin embargo, el valor de la porosidad φ , que en este caso es igual a 33,6%, sí es válido ya que la proporción entre matriz sólida (hilos) y huecos se mantiene, independientemente de que la separación entre hilos sea, o no, constante.

La malla que se muestra en la Figura 3 es una malla comercial que está presente en el mercado. Este tejido nunca debería haberse comercializado porque como puede apreciarse es un tejido muy defectuoso. Sin llegar a casos tan extremos, lo cierto es que los poros de las mallas no son todos iguales y dependiendo del fabricante podemos encontrar tejidos más o menos uniformes. Para cuantificar ese “más o menos” no queda más remedio que medir los poros. Esta tarea es muy compleja porque estamos hablando de dimensiones que son del orden de las centenas de micras (en un milímetro hay mil micras).

En general, los análisis de caracterización geométrica se abordan con herramientas informáticas que trabajan con imágenes digitales. Se trata de aplicaciones informáticas diseñadas con

carácter general, destinadas a resolver problemas en temáticas muy variadas. Ese carácter general implica que las soluciones que ofrecen estos programas no son del todo completas y no del todo exactas. Por este motivo, en el Laboratorio de Agrotexiles de la Universidad de Almería han diseñado una herramienta informática específica (Euclides v.1.4) que permite la caracterización geométrica completa y muy precisa de las mallas de protección (Álvarez *et al.* 2010, 2012). La interfaz de este programa informático se muestra en la Figura 4.

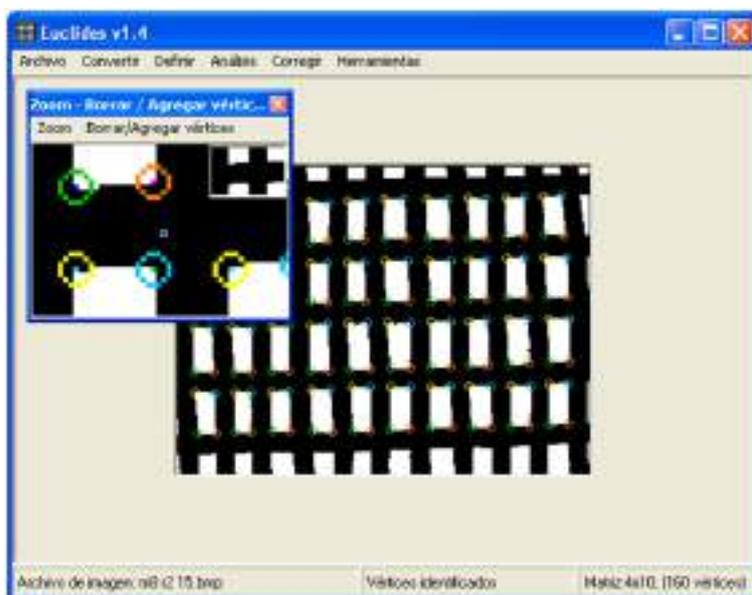


Figura 4. Interfaz del software Euclides v.1.4.

Con esta herramienta informática se puede medir la densidad y el grosor de los hilos, las dimensiones de los poros y la porosidad, entre otros parámetros. Lo importante es que, de cada una de estas variables, se obtiene un gran número de medidas (con gran precisión y exactitud) que normalmente están en torno al millar. Por tanto, además de obtener los valores medios de las variables de interés, se pueden realizar análisis de uniformidad. Para llevar a cabo estos análisis hay distintas posibilidades, pero una de las más comunes consiste en representar la distribución de frecuencias de la variable estudiada. Una distribución de frecuencias es una ordenación de los datos en distintos intervalos. Por ejemplo, supongamos que tenemos 1.000 medidas del ancho de los poros y hemos establecido los intervalos cada 15 μm . Por tanto, nuestros intervalos podrían responder a la siguiente serie: 301-315 μm ; 316-330 μm ; 331-345 μm , etc. Si, por ejemplo, en el intervalo 316-330 μm tuviéramos 135 valores, podríamos decir que esa es la frecuencia absoluta de ese intervalo. Pero resulta más cómodo trabajar con frecuencias relativas y para obtenerlas basta con dividir el número de medidas que pertenecen al intervalo considerado (frecuencia absoluta) entre el número total de medidas y, por tanto, la frecuencia relativa, este caso sería 0,135 (135/1000) o, 13,5% si lo expresamos en porcentaje.

Estaremos ante un tejido uniforme cuando esas distribuciones de frecuencias respondan a curvas unimodales (una sola campana) estrechas y altas (leptocúrticas) y, además, simétricas (sesgo nulo) como el ejemplo que se muestra en la Figura 5 para el ancho del poro. Una distribución de frecuencias leptocúrtica garantiza que la dispersión de valores en torno a la media es pequeña y, por tanto, todos los valores son muy próximos a este valor medio. Una distribución de frecuencias simétrica (sesgo nulo) determina que la dispersión de valores es la misma a la izquierda y a la derecha del valor medio.

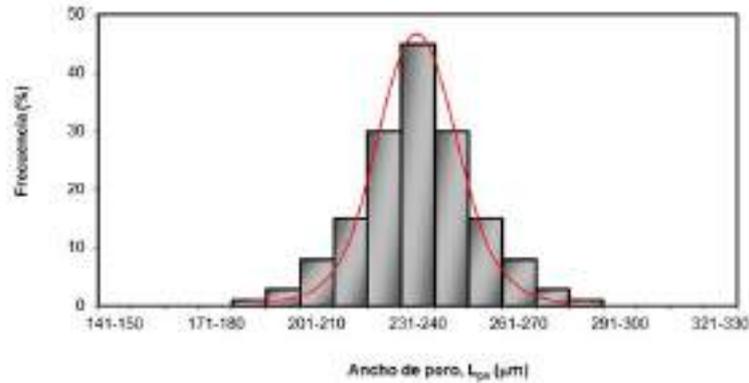


Figura 5. Distribución de frecuencias “ideal” (datos no reales)

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de distribución de frecuencias de una malla poco uniforme. Como se puede apreciar, la distribución de frecuencias es achatada (platicúrtica) en lugar de ser esbelta. Esto da como resultado una gran representación de tamaños, es decir, los valores del ancho de los poros de la muestra analizada presentan mucha dispersión y este resultado se puede apreciar observando la distribución de frecuencias de las medidas realizadas (Figura 6) que se corresponde con la imagen microscópica del tejido mostrada en la Figura 3.

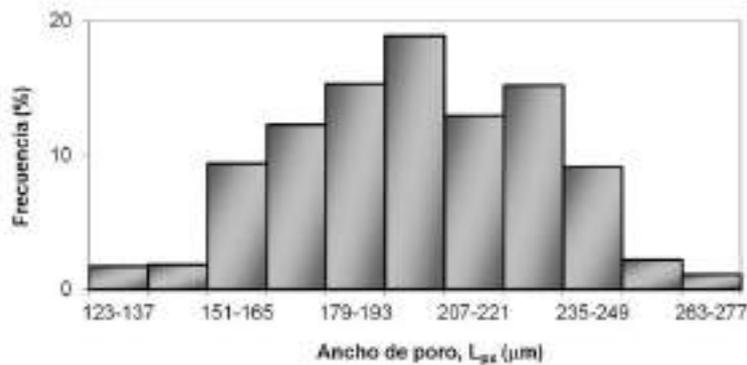


Figura 6. Distribución de frecuencias del ancho de poro (malla 20×10 hilos/cm²)

El valor medio correspondiente al ancho de poro de la distribución de frecuencias representada en la Figura 6 es 199,8 µm. Sin embargo, hay una gran representación de anchos menores y mayores. Observando la Figura 6 se aprecia que hay poros que son unas 70 µm mayores que el valor medio (199,8 µm). Desde el punto de vista de la exclusión de insectos la limitación a la entrada de insectos vendrá dada por estos poros de mayor tamaño.

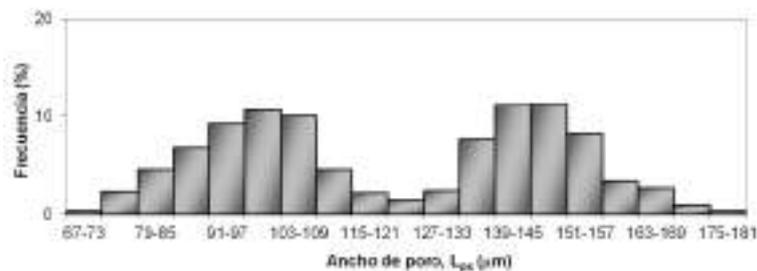


Figura 7. Histograma de frecuencias de una malla defectuosa

Otra problemática relacionada con la uniformidad de las mallas antiinsectos se muestra en la Figura 7. Como puede observarse, la distribución de frecuencias presenta una forma bimodal (dos campanas). Este es un tipo de defecto más frecuente de lo que podría pensarse. Los tejidos que presentan esta distribución de frecuencia se pueden denominar uniformemente heterogéneos. En este tipo de tejidos se presentan de forma alterna columnas de poros pequeños y columnas de poros grandes como se muestra en la Figura 8.

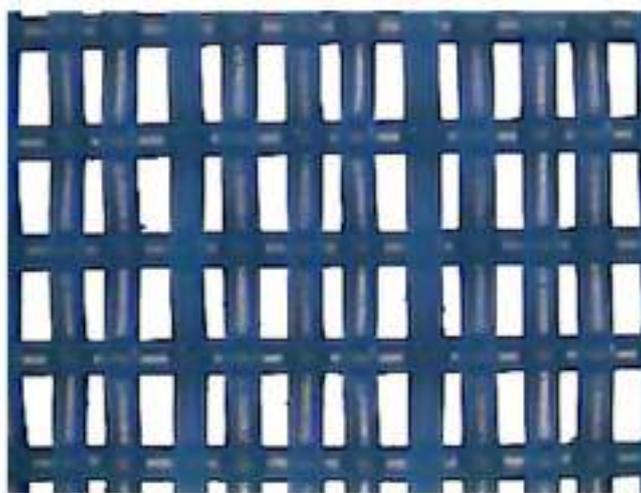


Figura 8. Imagen microscópica de una malla antiinsectos defectuosa donde se aprecian dos grupos de anchos de poro

La presencia de estos “dos grupos” de poros se debe a separaciones no uniformes en los hilos de urdimbre. Cuando se teje la malla, los hilos de urdimbre pasan por unos pequeños orificios de una pieza metálica que se denomina peine. Cuando en lugar de un hilo por orificio se hacen pasar dos hilos se obtiene el resultado que se muestra en la Figura 8. Si calculáramos el ancho medio de poro a partir de las expresiones teóricas anteriormente descritas obtendríamos un valor teórico igual a $120\ \mu\text{m}$. Si midiéramos los poros de la imagen anterior se obtendría un valor medio de, aproximadamente, $120\ \mu\text{m}$. Sin embargo, lo que realmente está presente en este tejido son dos grupos de poros: el ancho medio de los poros de menor tamaño es de $90\ \mu\text{m}$ y el valor medio para el grupo de poros de mayor tamaño es de $150\ \mu\text{m}$ que es el valor que realmente hay que tener en cuenta a la hora de evaluar la eficacia de la malla contra los insectos. Si se hubiera considerado como criterio de diseño a la hora de confeccionar el tejido un ancho de poro de $150\ \mu\text{m}$ se podría haber tejido una malla con 3,2 hilos de urdimbre menos por cada centímetro lo que supondría una malla con la misma eficacia contra los insectos y, a la vez, más porosa (menos problemas de ventilación).

Hay otro aspecto importante al que debemos prestar atención en nuestros análisis de uniformidad. Si observamos la Figura 9 podemos apreciar, en principio, dos distribuciones de frecuencias relativamente parecidas. Sin embargo, si observamos el eje de abscisas donde están ordenados los intervalos correspondientes a las frecuencias representadas de ancho de poro podemos ver que la diferencia entre el mayor y menor valor es de $253\ \mu\text{m}$ en la distribución de la derecha y de $110\ \mu\text{m}$ para la distribución de frecuencias de la izquierda. Estos valores se denominan recorrido de la variable (del ancho de poro en este caso); el recorrido se calcula como la diferencia entre el mayor y el menor de los valores medidos. Un recorrido grande indicará que la dispersión de medidas en torno a la media es importante y, al contrario, un

recorrido pequeño indica que la dispersión de valores es menor y, por tanto, estaremos ante un tejido más uniforme.

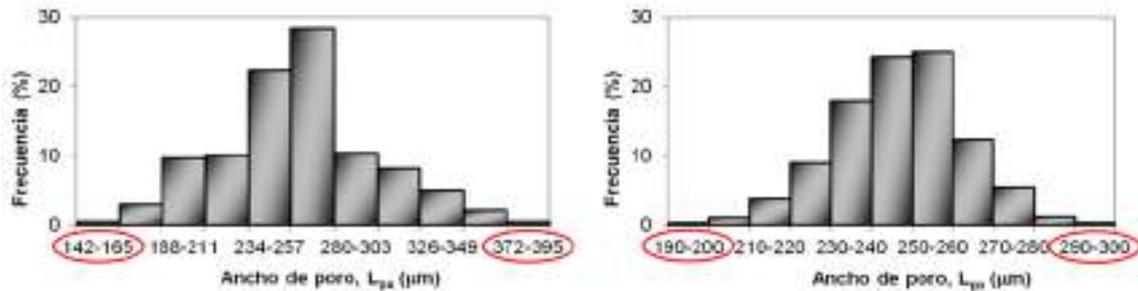


Figura 9. Comparativa entre histogramas de frecuencias con elevado y bajo recorrido de la variable (ancho de poro)

Además de las representaciones de distribuciones de frecuencias, otra forma de expresar de forma numérica la variación de los valores medidos es empleando la desviación estándar. Como ejemplo, el conjunto de datos representado en la Figura 9 (izqda.) relativos al ancho de poro están relacionados con los valores $261 \pm 41 \mu\text{m}$ ($L_{px} \pm \sigma$), es decir, en primer lugar, se ofrece información sobre el valor medio del ancho de poro L_{px} y, a continuación, un valor de desviación estándar ($41 \mu\text{m}$) que puede estar por encima o por debajo (\pm) de la media. La desviación estándar σ es una forma de indicar cómo discrepan los valores medidos con respecto a la media o, dicho de una forma más técnica, indica el promedio aritmético de variación en torno a la media. Por tanto, aunque el valor medio es igual a $261 \mu\text{m}$, la mayor parte de valores se situarán $41 \mu\text{m}$ por debajo y por encima de este valor medio. La imagen de la derecha de la Figura 9 presenta un ancho medio y una desviación estándar igual a $247 \pm 16 \mu\text{m}$.

En la Figura 10 se muestran dos imágenes tomadas bajo el microscopio en las que se comprueba visualmente la información gráfica mostrada en la Figura 9 y la descripción numérica relacionada con la desviación estándar. Ambas mallas se comercializan con densidades de 20×10 hilos/ cm^2 . La realidad es que la malla de la izquierda tiene una densidad de $18,8 \times 9,0$ hilos/ cm^2 y está tejida con hilos de $260 \mu\text{m}$ de grosor y la de la derecha tiene una densidad de $20,7 \times 9,0$ hilos/ cm^2 y está tejida con hilos de $235 \mu\text{m}$ de grosor. Si toda esta información estuviera a disposición de los consumidores de mallas antiinsectos en el momento de la compra, nadie compraría la malla de la izquierda.



Figura 10. Imágenes microscópicas de las mallas relacionadas con los histogramas de frecuencias representados en la Figura 9. Malla con baja uniformidad (izqda.) y malla muy uniforme (dcha.)

La desviación estándar es muy útil para comparar la dispersión de valores cuando se hace referencia a mallas muy similares. Es decir, si la desviación estándar de dos mallas de 20×10

hilos/cm² tejidas con hilos de 240 μm de grosor es igual, una, a 30 μm y, otra, a 50 μm, inmediatamente deducimos que la que tiene mayor desviación estándar es menos uniforme. Pero, ¿cómo comparamos entre una malla de 20×10 hilos/cm² tejida con hilos de 240 μm y una malla 6×6 hilos/cm² tejida con hilos de 350 μm de grosor? Para comparar entre tejidos de distinta naturaleza es más apropiado utilizar el coeficiente de variación de Pearson (coeficiente de variación, CV). Este coeficiente indica la relación entre la desviación estándar σ y el valor medio \bar{x} de los datos obtenidos:

$$CV (\%) = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Continuando con el ejemplo de las dos distribuciones de frecuencias representadas en la Figura 9 y las imágenes mostradas en la Figura 10, el cálculo de los coeficientes de variación ofrece valores del 15,9% para la malla de la izquierda y de 6,6% para la de la derecha.

Las medidas de tendencia central, como la media, y de dispersión, como la desviación estándar y el recorrido de la variable, son muy sensibles a la presencia de valores atípicos. Un valor atípico es un dato que es muy distinto (muy grande o muy pequeño) al resto de valores medidos. En general, se puede producir por un defecto muy puntual en el tejido o por un error de medida. Supongamos que hemos medido un conjunto de datos y que su valor medio es 246 μm. Supongamos que el valor más grande de todo este conjunto es de 300 μm y que el más pequeño es de 190 μm. La diferencia de valores ofrecería un recorrido de la variable de 110 μm. Sin embargo, si en este conjunto de datos hubiera un sólo valor igual a 130 μm, el recorrido de la variable sería en este caso igual a 170 μm.

El coeficiente de variación de Pearson está basado en dos estadísticos muy sensibles a la presencia de valores atípicos (la desviación estándar y la media). Para evitar este inconveniente podríamos buscar una relación entre estadísticos menos susceptibles a los valores atípicos como el rango intercuartílico y la mediana. Los cuartiles son tres puntos que dividen al conjunto de datos en cuatro partes iguales (0,25, 0,50 y 0,75). La diferencia entre el tercer (Q3) y el primer cuartil (Q1) se denomina rango intercuartílico y expresa el intervalo que toma la variable al considerar el 50% central de las medidas realizadas. Por otro lado, la mediana (Me) es el valor que ocupa el lugar central del conjunto de datos. El coeficiente de dispersión es la relación entre el rango intercuartílico y la mediana:

$$CD(\%) = \frac{(Q3 - Q1)}{M_e} \cdot 100$$

El cálculo del coeficiente de dispersión de las dos distribuciones de frecuencias mostradas en la Figura 9 ofrece valores de 18,4% para la malla de la izquierda y 8,5% para la de la derecha. En general, el coeficiente de dispersión es mayor que el coeficiente de variación y las diferencias entre los valores obtenidos con uno y otro coeficiente son más importantes a medida que la falta de uniformidad de las medidas obtenidas es más importante. No se trata de elegir entre un coeficiente u otro, sino que ambos ofrecen información complementaria: dos mallas con semejante o aproximado CV son clasificadas por el CD y el orden es coherente con los valores de curtosis; dos mallas con semejante o aproximado CD son clasificadas por el CV y el orden es coherente con el recorrido de la variable. Sin embargo, el primer enunciado es más ventajoso

debido a que la curtosis ofrece información sobre la distribución del conjunto de datos, en tanto que el recorrido de la variable puede verse afectado por un solo valor atípico.

En resumen, para cuantificar la uniformidad de una malla antiinsectos hay que recurrir a toda la información que ha sido expuesta: medias, distribuciones de frecuencias, desviación estándar, recorrido de la variable, coeficiente de variación y coeficiente de dispersión (y otras que no se han tratado aquí como los diagramas de cajas y patillas). Es decir, manejar toda esta información sería lo ideal para determinar el grado de uniformidad de una malla antiinsectos. Sin embargo, para decidir de una forma rápida y sencilla si una malla es, o no, uniforme se puede recurrir a los coeficientes de variación y/o dispersión y, de esta forma, con un solo valor (o un valor para cada coeficiente) es posible clasificar a las mallas según su uniformidad.

6. Eficacia de las mallas antiinsectos

El elevado número de variables que intervienen en la relación entre insectos y tejido hace que sea muy complicado la predicción teórica de la eficacia frente a una determinada especie plaga. Por eso, es imprescindible la realización de ensayos de laboratorio para determinar las prestaciones del tejido frente a una o varias especies. Para determinar la eficacia de las mallas antiinsetos existe (Oliva y Álvarez, 2013) un dispositivo que permite obtener la capacidad de exclusión de los agrotexiles tanto en condiciones de calma como a diferentes velocidades del aire (Figura 11). En su fabricación se ha utilizado un tubo transparente de PVC de 11 cm de diámetro dividido en tres compartimentos. La unión entre compartimentos se consigue mediante un juego de bridas entre el que se intercala la muestra del tejido que se pretende analizar (Figura 11). La tercera cámara se une al segundo compartimento mediante otra unión bridada en la que se coloca un tejido muy tupido que permite el flujo de aire pero que impide el paso de los insectos desde la cámara iluminada al tercer compartimento. En esta cámara está instalado un anemómetro de lámina caliente que permite registrar la temperatura y la velocidad del aire y un ventilador de corriente continua. El dispositivo experimental se gestiona mediante el programa informático Bóreas v.1.3.

Durante los ensayos, los insectos se introducen en el primer compartimento a través de un pequeño orificio. Este compartimento se cubre con una película plástica de color negro para evitar el paso de luz. La segunda cámara se ilumina con un tubo fluorescente para que la luz actúe como atractivo visual y motive a los insectos a pasar a través de la malla pasando de la primera cámara a la cámara iluminada. Además del estímulo luminoso, en la cámara iluminada se introduce un estímulo alimenticio.

La duración de cada ensayo es de 24 horas. Transcurrido este tiempo se anestesian los insectos con una sobredosis de cloroformo para facilitar su manipulación. Finalmente, se realiza el recuento del número de insectos que hay en la primera y segunda cámara. Con estos valores se determina el coeficiente de exclusión del textil ensayado:

$$\varepsilon = \frac{N_{np}}{N_t}$$

donde N_{np} es el número de insectos que no logran pasar a través de la malla y N_t es el número total de insectos introducidos en el dispositivo.



Figura 11. Dispositivo de ensayos

Los resultados obtenidos en ensayos realizados con distintos textiles y diferentes especies son reveladores. Muestran que la eficacia de los tejidos no es constante (hasta ahora en la literatura científica siempre se han dado valores constantes sin ninguna otra consideración) y que depende de la velocidad del aire y de la temperatura (y, por supuesto, de características relacionadas con la especie). A medida que aumenta la velocidad del aire los insectos encuentran menos dificultad para pasar a través de los poros por el efecto de la presión favorable y, por eso, la eficacia de las mallas disminuye. De igual forma, mayores temperaturas implican mayor actividad de los insectos y una menor eficacia de las mallas. En algunos casos la reducción de eficacia es drástica. Obviamente, si el tamaño de poro es lo suficientemente pequeño, la eficacia es total independientemente de estas variables.

7. Fotoselectividad

Muchas de las prácticas culturales desarrolladas para el control de virus están dirigidas a eliminar los agentes que participan en el proceso de transmisión (insectos vectores y reservorios) o prevenir la coincidencia del parásito y del huésped en el tiempo y en el espacio (Harrison, 1984, Antignus, 1999). A lo largo del proceso evolutivo los insectos han desarrollado habilidades para detectar y seleccionar las plantas que parasitan con fines alimenticios y reproductivos (Antignus, 2000). Las señales que percibe el insecto para orientarse y seleccionar a su huésped son visuales (color, forma y tamaño) y olfativas (Prokopy y Owens, 1983; Dobson, 1994; Terry, 1997). Una vez que el parásito establece contacto con su huésped, los estímulos que predominan son olfativos, táctiles y gustativos (Terry, 1997). Por ejemplo, *Bemisia tabaci* responde a dos grupos de longitudes de onda, el azul-ultravioleta y el amarillo. El primer grupo estimula el comportamiento migratorio del insecto mientras que el segundo grupo puede ser parte del mecanismo de selección de la planta huésped (Mound, 1962). *Frankliniella occidentalis*, es atraído por las superficies que reflejan las longitudes de onda de la radiación azul, mientras que el rango de longitudes de onda del UV entre 350 y 390 nm está relacionado con el aterrizaje del insecto sobre su huésped (Matteson y Terry, 1992). El amarillo también provoca una respuesta en *F. occidentalis* aunque parece que las reacciones frente al azul y al amarillo se basan en sensibilidades distintas (Vernon y Gillespie, 1990).

Con el objetivo de interferir en alguna de las etapas del proceso (que comienza con la orientación del insecto hacia la planta y termina con el contacto entre parásito y huésped), los plásticos que constituyen el cerramiento de los invernaderos han incluido en su composición aditivos específicos para conferir a estos materiales propiedades fotoselectivas (Antignus *et al.*, 1998). Las mallas antiinsectos aditivadas con este objetivo cuentan, a priori, con un doble efecto protector: por un lado, actúan como barreras físicas y, por otro lado, dificultan el contacto visual del insecto con su planta huésped (Antignus, 2000). Debido a que las mallas antiinsectos cubren únicamente la superficie destinada a ventilación, la interferencia en la relación entre parásito y huésped será muy pequeña, excepto en los casos en los que el resto del material de cerramiento también incorpore propiedades fotoselectivas (invernaderos de malla).

Distintos autores han demostrado la eficacia de las cubiertas plásticas dotadas de aditivos capaces de bloquear la transmisión de la radiación ultravioleta en el control de una amplia variedad de poblaciones de insectos y en la incidencia de las enfermedades víricas que transmiten (Nakagaki *et al.*, 1982 y 1984; Nonaka y Ngai, 1983, Antignus *et al.* 19961, 19962 y 1997). Antignus *et al.* (1998), presentaron un completo estudio sobre el efecto de mallas con propiedades absorbentes en la región UV-A (320-400 nm) y UV-B (290-320 nm) del espectro. En este trabajo compararon la eficacia de mallas fotoselectivas y mallas estándares con idénticos tamaños de poro frente a distintas plagas de insectos y la difusión de virus. Los resultados demostraron que ambos grupos de mallas, con densidades de 6,3 hilos cm^{-1} (16 *mesh*) y 11,8 hilos cm^{-1} (30 *mesh*), no consiguieron frenar la entrada de *Bemisia tabaci* o *Aphis gossypii* en túneles sin protección en las fachadas frontales. En cambio, mallas fotoselectivas de 19,7 hilos cm^{-1} (50 *mesh*) redujeron significativamente el paso de mosca blanca y la difusión de TYLCV. Sin embargo, el tamaño de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* en los túneles protegidos con los distintos tipos de mallas ensayadas fue semejante y, por tanto, ni el efecto físico ni las propiedades ópticas se mostraron eficaces frente a esta especie.

También se ha experimentado con mallas aditivadas con colorantes: Berlinger y Lebiush-Mordechai (1995), compararon, en condiciones de campo, la eficacia de mallas de semejantes características geométricas, diferenciadas únicamente por el color de los hilos. Los resultados obtenidos desvelaron que, bajo mallas de color violeta, negro, verde y amarillo, se encontraron entre dos y tres veces mayor número de individuos de *Bemisia tabaci* que bajo una malla de color blanco. Únicamente con una malla con hilos de color plateado se atrapó un número ligeramente menor de *B. tabaci*. A pesar de que los resultados indican que el comportamiento de *B. tabaci* es parcialmente alterado con mallas de color, parece que el principal efecto en la capacidad de exclusión de las mallas es físico y no función del color de la malla, justo lo contrario de lo sugerido por los resultados obtenidos con *F. occidentalis* (Belinger *et al.*, 1993).

8. Propiedades aerodinámicas

La resistencia que sufre una corriente de aire al pasar a través de una malla implica una reducción de caudal con respecto al que circularía en ausencia del textil. Esa resistencia depende tanto de las propiedades del flujo como de las características del tejido. Del lado del textil, las propiedades más influyentes son la porosidad y la fragmentación de la superficie porosa, teniendo el primer factor un peso mucho mayor.

Dierickx (1998), realizó un estudio para determinar la resistencia asociada a la interacción entre flujo y malla. La reducción de la velocidad del flujo puede ser determinada midiendo la pérdida de presión en función de la velocidad del fluido. Para una determinada caída de presión, la reducción de velocidad es la diferencia entre la velocidad que se produce en ausencia de textil u y la que se produce a través del textil u_r . Por tanto, el coeficiente de reducción R_u se define al expresar esa diferencia como una fracción de la velocidad del flujo en ausencia del textil, es decir:

$$R_u = \frac{u - u_r}{u}$$

El comportamiento aerodinámico de las mallas antiinsectos se describe a partir de los datos obtenidos en ensayos realizados en túneles de viento. Los valores que relacionan la caída de presión que experimenta el flujo de aire al atravesar la malla con su velocidad tienen la forma general que se muestra en la Figura 12.

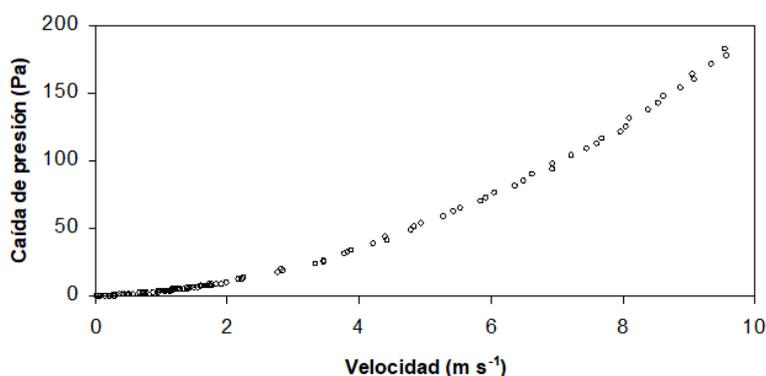


Figura 12. Caída de presión frente a la velocidad del aire para la malla número 7

El mejor ajuste de los datos experimentales se consigue con un polinomio de segundo grado:

$$\Delta P_m = au_r^2 + bu_r$$

La relación entre caída de presión ΔP_m y velocidad del aire a través de la malla u_r se puede expresar de forma lineal al representar la caída de presión en función del cuadrado de la velocidad del aire u_r^2 :

$$\Delta P_m = c_r u_r^2$$

Al repetir el anterior ajuste entre la caída de presión ΔP y el cuadrado de la velocidad del aire u_r^2 en un ensayo en el túnel de viento sin textil se tiene:

$$\Delta P_m = cu^2$$

A partir de las ecuaciones anteriores se obtiene una expresión que permite calcular el coeficiente de reducción de la velocidad del aire R_u debido a la presencia del textil a partir de los coeficientes 'c' de los mejores ajustes lineales entre ΔP y u^2 :

$$R_u = 1 - \left(\frac{c}{c_r}\right)^{1/2}$$

donde c_r y c son las pendientes obtenidas del mejor ajuste, con y sin agrotexil, respectivamente.

Otro parámetro de gran utilidad en la caracterización aerodinámica de las mallas antiinsectos es el coeficiente de pérdida de presión χ del modelo de Bernoulli:

$$\Delta P_m = \frac{1}{2} \rho \chi u_r^2$$

El cálculo de este coeficiente se puede realizar a partir del coeficiente c_r descrito anteriormente, teniendo en cuenta que ρ es la densidad del aire a la temperatura considerada:

$$\chi = \frac{2c_r}{\rho}$$

Obviamente, a medida que aumenta este coeficiente mayor es la resistencia que ofrece el agrotexil al flujo de aire y, por tanto, al igual que R_v permite la comparativa entre tejidos.

9. El efecto cárcel como criterio de diseño. Carácter tridimensional

Según lo expuesto, la principal limitante del uso de las mallas antiinsectos está relacionado con la resistencia que ofrecen al paso de aire a través de los poros del tejido, hecho que reduce la tasa de ventilación de los invernaderos con toda la problemática que se deriva de esto (Soni *et al.*, 2005). Este inconveniente se agrava con el empleo de mallas muy tupidas (con un elevado número de hilos por unidad de longitud) cuyo uso está destinado a combatir especies de insectos de reducido tamaño como *Bemisia tabaci* o *Frankliniella occidentalis*. Para salvar esta limitación los fabricantes han seguido una estrategia de diseño que consiste en plantear tejidos con hilos de trama más distanciados para reducir la superficie de matriz sólida y aumentar la superficie porosa. Técnicamente, el límite de esta estrategia de diseño está en la estabilidad del tejido. De esta forma, los hilos de urdimbre se configuran a modo de barrotes de una jaula o una celda de una cárcel para impedir el paso de los insectos y los hilos de trama son los que estabilizan estructuralmente el tejido al mantener constante la separación entre los hilos de urdimbre. Entonces, la separación entre los hilos de urdimbre (que define el ancho de poro L_{px}) viene dada por las dimensiones de la especie plaga de menor tamaño cuya presencia en el interior del invernadero se pretende evitar. Con esta estrategia de diseño se consigue aliviar el problema de la resistencia al flujo de aire de los tejidos muy tupidos con baja porosidad. También en la literatura científica se confía en este proceder puesto que en todos los trabajos se aporta una única dimensión como tamaño máximo de poro (Bethke, 1990; Bethke y Paine, 1991; Bethke, 1994).

Sin embargo, dado que los resultados en campo no han ofrecido los resultados esperados y que la eficacia de las mallas no ha sido tan alta como teóricamente se esperaba (Álvarez y Oliva, 2020), se plantea una duda sobre esta estrategia de diseño (efecto cárcel) seguida por los fabricantes y, probablemente, algún factor de importancia no se esté teniendo en cuenta.

Efectivamente, ensayos llevados a cabo en laboratorio con la especie *B. tabaci* demuestran que la estrategia de diseño seguida por los fabricantes para mejorar los valores de porosidad de los textiles da como resultado una reducción de la eficacia de las barreras físicas consiguiendo justo el efecto opuesto al deseado desde el punto de vista de la protección de cultivos. Es decir, a media que aumenta el largo del poro (a igualdad de ancho) la eficacia de los tejidos disminuye (al menos en el rango de valores ensayado). Por tanto, esas mallas sí tendrán una mayor

permeabilidad al flujo de aire (debido a su mayor porosidad), pero no evitarán el paso de insectos tanto como en teoría se esperaba.

Para encontrar los motivos que contraindican el efecto cárcel como estrategia de diseño es necesario tener en cuenta que, en su planteamiento, se considera que la estructura tejida de las mallas antiinsectos se ajusta a un plano, es decir, desde el punto de vista macroscópico el tejido se puede explicar desde el ámbito de las dos dimensiones y esto es cierto. Por el contrario, en el ámbito de escala de los insectos, la región definida por el cruce de hilos que conforman un poro no se puede explicar desde la perspectiva bidimensional y hay que acudir a la tercera dimensión para poder argumentarla (Álvarez y Oliva, 2017; Álvarez *et al.*, 2019) (Figura 13).

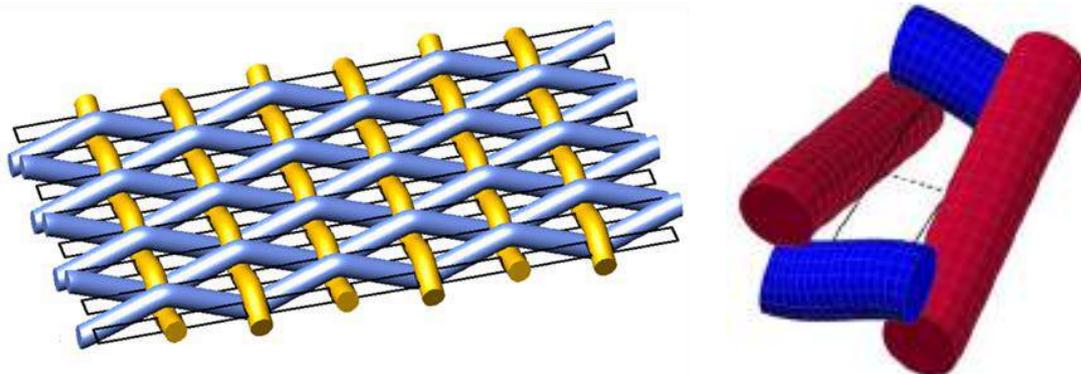


Figura 13. Representación de una malla antiinsectos en perspectiva (izqda.) y detalle de un poro (dcha.)

Desde el punto de vista macroscópico, pensando que el tejido se ajusta a un plano, aproximar los hilos de urdimbre sería suficiente para garantizar una mayor eficacia del tejido independientemente de la distancia entre los hilos de trama. Pero la Figura 13 revela que, desde la perspectiva microscópica, la estructura del tejido es tridimensional y se define por el cruce en el espacio de dos hilos consecutivos de urdimbre y lo propio para los hilos de trama. Al considerar los hilos de urdimbre en el ámbito de un poro, se tiene que la mínima distancia entre ellos coincide con la mitad del poro (eje central definido por una línea discontinua en la Figura 13) y que justo esta separación coincide con la distancia L_{px} medida en las imágenes digitales tomadas bajo microscopio. Pero, a medida que nos distanciamos del segmento que define esa distancia mínima, la separación espacial entre los hilos crece a medida que nos dirigimos hacia el hilo de trama que cierra el contorno y, por tanto, el insecto tiene mayor espacio para pasar. Por lo tanto, podemos decir que esa distancia mínima L_{px} divide al poro en dos de tal forma que:

- si el poro es lo suficientemente largo, una de las mitades ofrecerá una superficie porosa lo suficientemente grande como para que el insecto pase. Y eso es lo que pasa en poros a medida que aumenta su largo: la separación espacial de los hilos de urdimbre aumenta desde el segmento que define el eje del poro y los insectos encuentran una mayor superficie libre para pasar a través del tejido.
- pero si el poro, a pesar de ser rectangular, no es lo suficientemente largo el insecto no podrá pasar por ninguna de las mitades definidas por el eje central y, en estos casos, la separación entre los hilos de trama según el criterio de diseño permitirá mejorar la porosidad sin pérdida de eficacia, siempre y cuando el ancho del poro esté bien definido.

Ese límite que marca que, dado un ancho de poro, el aumento del largo del poro implique una pérdida de eficacia en la malla es difícil de determinar y dependerá de la especie considerada.

10. Normativa

En 2014 se creó el Grupo de Trabajo GT9 “Agrotextiles” incluido en el Comité Técnico de Normalización CTN140 “Industrias textiles” de AENOR. Como resultado del trabajo de este grupo, hoy están publicadas las siguientes normas que permiten homogeneizar los métodos de medida y ensayo para determinar las prestaciones de los textiles para uso agrícola:

- **UNE 40606:2016.** Agrotextiles. Determinación de las características geométricas. Medidas en proyección ortogonal de tejidos de calada con monofilamentos.
- **UNE 40607:2017.** Agrotextiles. Determinación de la uniformidad geométrica de tejidos de calada con monofilamentos.
- **UNE 40608:2018.** Agrotextiles. Determinación de la eficacia frente al paso de insectos.
- **UNE 40609:2021.** Agrotextiles. Determinación de las funciones, características técnicas y métodos de ensayo.
- **UNE 40610:2020.** Agrotextiles. Determinación de la transmitancia: luz directa y luz difusa.
- **UNE 40611:2021.** Agrotextiles. Determinación de las propiedades aerodinámicas.
- **UNE 40612:2021.** Agrotextiles. Determinación de las propiedades mecánicas y ópticas de los agrotextiles tras su envejecimiento artificial acelerado.
- **UNE 40613:2021.** Agrotextiles. Determinación de la retracción lineal al calor de los agrotextiles.

El principal objetivo de este conjunto de normas es que todos los entes interesados (fabricantes, laboratorios, organismos de investigación...) lleven a cabo los ensayos para controlar la calidad de estos agrotextiles bajo un criterio común y según las especificaciones técnicas descritas en estos documentos normativos. A medida que las normas se han dado a conocer, la industria y el comercio han comenzado a demandarlas cada vez más. Con el transcurso del tiempo su uso se está generalizando lo que permite regular los controles de calidad.

En la actualidad no existe ningún sello que permita certificar la calidad de estos tejidos. Los últimos trabajos llevados a cabo por el GT9 van encaminados en esta dirección. Mediante las especificaciones descritas en la norma UNE 40609:2021 “Agrotextiles. Determinación de las funciones, características técnicas y métodos de ensayo”, se pretende poner a disposición de los fabricantes la posibilidad de certificación de este tipo de tejidos mediante el marcado ‘N’ de AENOR.

Bibliografía

- Álvarez, A.J. 2010. Estudio de las características geométricas y del comportamiento aerodinámico de las mallas antiinsectos utilizadas en los invernaderos como medida de protección vegetal. Tesis Doctoral. Editorial Universidad de Almería.
- Álvarez, A.J., Oliva, R.M. 2017. Insect exclusion screens: the size of the holes from a three-dimensional perspective. Acta Hort., 1170, 1035-1042, DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1170.133

2. Tecnología de producción

- Álvarez, A.J., Oliva, R.M. 2020. Eficacia del efecto cárcel en condiciones de campo como criterio de diseño de mallas antiinsectos. Unpublished.
- Álvarez, A.J., Oliva, R.M., Valera, D.L. 2012. Software for the geometric characterisation of insect-proof screens. *Computers and Electronics in Agriculture* 82, 134-144.
- Álvarez, A.J.; Oliva, R.M.; Jiménez-Vargas, A.; Villegas-Vallecillos, M. 2019. A three-dimensional approach to the porous surface of screens. *The Journal of The Textile Institute*, 110:5, 639-646, DOI: 10.1080/00405000.2018.1500740
- Ausher, R. 1997. Implementation of integrated pest management in Israel. *Phytoparasitica*, 25.
- Avilla, C., Collar, J.L., Duque de Cella, M., Hernáiz, P.J., Pérez, P., Fereres, A. 1994. Control de virosis en pimiento mediante cubiertas agrotexiles. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 20, 457-464.
- Bailey, B. 2003. Screens stop insects but slow airflow. *Fruit & Veg. Tech.* 3(2), 6-8.
- Bell, M.L., Baker, J.R. 1997. Choose a greenhouse screen based on its pest exclusion efficiency. *N.C. Flower Growers' Bulletin*, Vol. 42, no. 2, 7-13.
- Bell, M.L., Baker, J.R. 2000. Comparison of greenhouse screening materials for excluding whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology* Vol. 93, no. 3, 800-804.
- Berlinger, M.J., Lebiush-Mordechi, S., Leeper, A. 1991. Application of screens to prevent whitefly penetration into greenhouses in the Mediterranean basin. *Bull. IOBC/WPRS XIV(5)*, 105-110.
- Berlinger, M.J., Taylor, R.A.J., Lebiush-Mordechi, S., Shalhevet, S., Spharim, I. 2002. Efficiency of insect exclusion screens for preventing whitefly transmission of tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel. *Bulletin of Entomological Research* 92, 367-373.
- Bethke, J.A. 1990. Screening Greenhouses for Insect Size. (Editor prepared article). *Grower Talks*, p. 102.
- Bethke, J.A. 1994. Considering installing screening? This is what you need to know. *Greenhouse Manager*, 34-36.
- Bethke, J.A. 1994. Considering installing screening? This is what you need to know. *Greenhouse Manager* 34-36.
- Bethke, J.A., Paine, T.D. 1991. Screen hole size and barriers for exclusion on insect pest of glasshouse crops. *J. Entomol. Sci.*, 26, 169-177.
- Bethke, J.A., Paine, T.D. 1991. Screen hole size and barriers for exclusion on insect pest of glasshouse crops. *J. Entomol. Sci.* 26, 169-177.
- Brown, S.L., Brown, J.E. 1992. Effect of plastic mulch color and insecticides on thrips population and damage to tomato. *HortTechnology* 2(2), 208-211.
- Díaz, M., Gallardo, D., Carmona, J.J., Camacho, F., Fernández, E.J. 2003. Utilización de mallas anti-insectos como protección en invernaderos mediterráneos. En *Innovaciones*

- tecnológicas en cultivos de invernadero. Coord. Fernández, E.J. Ediciones Agrotécnicas S.L. pp. 165-175.
- Fatnassi, H., Boulard, T., Bouirden, L., Sappe, G. 2002. Ventilation performances of a large canarian type greenhouse equipped with insect-proof nets. *Acta Horticulturae* 578, 79-88.
- Fernández, O., Salgado, C. 2006. Agrotexiles para la protección de cultivos. *Terralia* 58, 22-31.
- Garijo, C. 1992. Control integrado de cultivos hortícolas en invernadero en Andalucía. *Phytoma España* 40, 99-102.
- Giannoulis, A., Briassoulis, D., Papardaki, N.G., Mistriotis, A. 2021. Evaluation of insect-proof agricultural nets with enhances functionality. *Biosystems Engineering* 208, 98-112.
- Horowitz, A.R., Forer, G., Ishaaya, I. 1994. Managing resistance in *Bemisia tabaci* in Israel with emphasis on cotton. *Pestic Sci* 42: 113-122.
- Lacasa, A., Contreras, J. 1993. Comportamiento de *Frankliniella occidentalis* en la transmisión del virus del bronceado del tomate: planteamientos para su control en cultivos hortícolas. *Phytoma España* 50, 33-39.
- Market Analysis Report. (2021). Agro textiles market size, share & trends analysis by product (Shade-nets, Mulch-mats, Bird protection nets, Fishing nets), by application (Agriculture, Aquaculture, Horticulture & Floriculture) & segment forecasts, 2018e2025. <https://www.grandviewresearch.com/industryanalysis/agro-textiles-market>
- McCarthy, B.J. 2016. An overview of the technical textiles sector. En: Handbook of technical textiles. Elsevier, 20 pp.
- McLean, G.D., Garret, R.G., Ruesink W.G. 1986. Plant virus epidemics. Academic Press, Orlando, FL, 550 pp.
- National Greenhouse Manufacturers Association. 2001. Hints on greenhouse screen standards. Disponible en la página web : www.ngma.com
- Nebreda, M., Moreno, A., Díaz, B., Fereres, A., Biurru, R. 2005. Impacto de cubiertas agrotexiles en el control de pulgones, mosca blanca y virus en cultivos de lechuga y brócoli. *Phytoma España* 166, 16-26.
- Smith, K.M. 1972. Plant virus diseases. Academic Press, NY, 684 pp.
- Soni, P., Salokhe, V.M., Tantau., H.J. 2005. Effect of screen mesh size on vertical temperature distribution in naturally ventilated tropical greenhouses. *Biosystems Engineering* 92(4), 469-482.



Nuestros productos.



Agricover[®]

Tejido multicapa de última generación laminado por ambas caras, de alta resistencia y durabilidad.



Agrisafe[®]

Mallas y tejidos de protección contra viento, granizo y radiación.



Agricolor

Mallas foto-selectivas para la mejora de la coloración y el calibre del fruto. Protección ante golpes de sol.



Agrifresh[®]

Pantalla Termodifusora con aluminio.



Agristop

Mallas de protección contra todo tipo de plagas de insectos y pájaros.



Agrishade

Mallas de sombreado.



Agrisoil

Tejidos cubre suelos.



Agricooler[®]

Tejidos para mejorar el total de horas de frío acumuladas.



Agriparts

Accesorios de Instalación.



En Agralia diseñamos y producimos agrotextiles técnicos para la protección de cultivos. Nuestro objetivo es minimizar los riesgos a los que se exponen las plantas para darle seguridad al agricultor y mejorar la rentabilidad de su cultivo. Somos expertos en agroclimatología. Por eso, diseñamos y fabricamos todos nuestros productos en base a la innovación y empleando los materiales más avanzados.



Agricover U



Agricover FTT



Agricover R



Agrifresh RR



Agrifresh RR



Agricolor AGS



Agricooler



Agrisoil

**AGRALIA**[®]

En tiempos
difíciles se
necesita un
rendimiento
inesperado



Kubota



M6002: El tractor polivalente para un máximo rendimiento

Para los agricultores que valoran la extraordinaria maniobrabilidad, la excelente visibilidad y la máxima comodidad.

- Bajo el capó hay un potente motor V6108 TIEFS con la última tecnología y excelente calidad de Kubota.
- La amplia cabina ofrece una excelente comodidad y un diseño ergonómico optimizado para asegurar la máxima eficiencia y productividad.
- El gran rendimiento de la bomba hidráulica CCLS (circuito hidráulico con centro cerrado y detección de la carga) proporciona 115 l/min de aceite.
- 100% compatible con el sistema ISOBUS lo que significa que puede usar todos los implementos y máquinas ISOBUS del mercado, sin restricciones.

2.14. Maquinaria agrícola en la hortofruticultura

Carlos Gracia López

cgracia@dmta.upv.es

Universitat Politècnica de València

Índice

- 1 Introducción
2. Factores que determinan los avances en la mecanización de los cultivos
 - 2.1. De la oferta tecnológica
 - 2.2. De las explotaciones
 - 2.3. De los cultivos
 - 2.4. De la previsión de costes y disponibilidad de mano de obra
 - 2.5. De la mentalidad del agricultor
3. La maquinaria agrícola en la hortofruticultura. Su avance en los 50 últimos años
 - 3.1. Unidades motrices
 - 3.1.1. Tractores
 - 3.1.2. Motocultores
 - 3.2. Preparación del suelo
 - 3.3. Siembra y plantación
 - 3.4. Abonado y Tratamientos
 - 3.5. Recolección mecánica de productos hortícolas
 - 3.5.1. Recolección de patata
 - 3.5.2. Recolección de cebolla
 - 3.5.3. Recolección del tomate para industria
 - 3.5.4. Recolección de guisante verde
 - 3.5.5. Recolección de judía verde
 - 3.5.6. Recolección de maíz dulce
 - 3.5.7. Recolección de espinaca
 - 3.5.8. Recolección de ajo
 - 3.5.9. Recolección de zanahoria, nabo, apio y otros
 - 3.5.10. Recolección de coles y lechugas
 - 3.6. Maquinaria de asistencia a la recolección manual de productos hortícolas
 - 3.7. Recolección mecánica en fruticultura
 - 3.7.1. Cultivos frutícolas tradicionales: árboles de gran desarrollo y amplios marcos
 - 3.7.2. Cultivos frutícolas con sistemas intensivos de plantación
4. Hacia un futuro próximo
 - 4.1. Reestructuración de las explotaciones
 - 4.2. Retos para la mecanización en hortofruticultura

2. Tecnología de producción

- 4.3. Las máquinas en la horticultura extensiva
 - 4.3.1. Cultivos de recolección masiva
 - 4.3.2. Cultivos de recolección escalonada y acondicionamiento de cosecha
- 4.4. Instalaciones y equipamiento para cultivos intensivos de alto valor económico
- 4.5. Las máquinas en la fruticultura

Resumen

En este artículo se revisa brevemente la maquinaria al servicio de los cultivos hortícolas y frutícolas. Se hace referencia a equipos para las principales tareas agrícolas de preparación de suelos, de siembra y plantación, de aplicación de fitosanitarios, de fertilizantes y, de modo más detallado, de la recolección de los principales productos y destinos. En esa última tarea es donde la tipología de máquinas es mayor y donde la complejidad y dificultad de las soluciones aumenta.

Por otra parte, se analiza qué factores determinan la mecanización de los cultivos. De tal manera que, si en los últimos 50 años el proceso mecanizador no ha avanzado más, el retraso no es únicamente por falta de innovación en la maquinaria sino también por problemas de adaptación del cultivo, o de las explotaciones, o por rechazo del agricultor, o bien por problemas demográficos coyunturales.

Se partía de una situación de mínimos. A excepción de herramientas y aperos de suelo, la maquinaria que a mediados del pasado siglo podía incorporarse a las labores de la horticultura y fruticultura era escasa y rudimentaria y en muchos casos, para uso con caballería o directamente por el hombre.

Por eso, hay que valorar especialmente la aparición de algunos equipos que a pesar de todo se han ido imponiendo en beneficio de los cultivos y cosechas de frutas y hortalizas. A juicio del autor, las diez máquinas más innovadoras e influyentes en la mejora de la hortofruticultura en el periodo analizado, son las siguientes, ordenadas por su momento de empleo:

a) Niveladora con láser; b) Fresadora; c) Sembradora neumática monograno; d) Trasplantadora automática; e) Pulverizadores neumáticos e hidroneumáticos; f) Cosechadoras que toman el producto por peinado de la planta; g) Cosechadoras que toman el producto por tracción sobre la parte aérea de la planta; h) Vibradores de tronco; i) Cosechadoras cabalgantes con túnel de vareo; j) Brazos robotizados para coger la fruta

En relación a la tecnología desarrollada en los cultivos hortícolas en estos años cabe destacar, sobre todo, a) la hidroponía, b) la aeroponía y c) el control climático –temperatura, humedad y luz- de los medios de cultivos, sean semilleros, invernaderos o “granjas verticales”.

En relación al futuro del proceso mecanizador, se confía que en los años próximos el sector agrícola se potencie como alternativa económica a la depresión sufrida recientemente en nuestro país por los sectores de la construcción y del turismo. Con los cambios estructurales necesarios, apuntados en el apartado 4.1., la hortofruticultura podrá entonces disponer de la ingeniería y de la tecnología necesaria para desarrollar todo su potencial.

Para la horticultura se prevé una completa mecanización integral en sus cultivos extensivos, y una tecnología de máximo control en los cultivos intensivos de alto valor económico, promocionando más allá del invernadero, el cultivo vertical. En fruticultura, con la tendencia comprobada a los sistemas intensivo y superintensivo, proliferará el desarrollo de modelos de máquinas ajustadas a cada caso, destacando las cosechadoras cabalgantes y los brazos robotizados.

1. Introducción

Desde el Neolítico en que el hombre inicia el cultivo de la tierra, la herramienta es una compañera inseparable en esa tarea. De un simple palo para apalancar y levantar la tierra, pasando por cinceles, arados y rastrillos arrastrados por el hombre o por animales de tiro, la evolución tecnológica agrícola es continua.

Recurriendo al trabajo con animales de tiro y carga van apareciendo ingenios mecánicos no solo para labores de suelo, sino también para siembra y ayuda a la recolección. Como curiosidad, una mejora histórica en la recolección de los cereales fue la segadora atadora, inventada por John F. Appleby a mediados del s. XIX: arrastrada por caballerías, se accionaba desde la rueda de terreno, no solo la barra de corte como ya lo hacían máquinas de la época, sino además un ingenioso sistema de atado de las gavillas, que aún perdura

En las últimas décadas del siglo XVIII, con la invención y desarrollo de la máquina de vapor se produce un salto cualitativo importante. Con el suministro de energía procedente de la transformación de calor en trabajo, la máquina es capaz de accionar herramientas e ingenios de mayor potencia y complejidad. A partir del motor de combustión interna, inventado y mejorado años después, en el último cuarto del siglo XIX, la maquinaria agrícola experimentará un avance y una renovación decisiva.

El **tractor agrícola** con motor de combustión interna, principal sujeto de la mecanización agraria, es ya una realidad a comienzos del siglo XX. Se comercializa de modo significativo en tiempos de la primera guerra mundial, 1914-1918. Ante la escasez de mano de obra su presencia en el campo se hace más necesaria

Desempeña tres funciones básicas en el proceso mecanizador:

1. Es fuente de energía mecánica;
2. Es vehículo de locomoción viaria y extraviaria;
3. Es un “porta-útil” donde acoplar arados, equipos de siembra o de aplicación de fertilizantes o de productos fitosanitarios, máquinas para recolección de cosechas, remolques, etc.

Como avances más señalados en las décadas 1920 y 1930, cabe recordar: la incorporación del eje normalizado de “toma de fuerza”; las ruedas neumáticas sustituyendo a las de hierro; el acoplamiento de aperos mediante el enganche de tres puntos y el elevador hidráulico de los mismos. Ya en la década de 1950 llegó la suspensión del vehículo, las cabinas o bastidores de seguridad y el empleo de las transmisiones hidráulicas sustituyendo en parte las transmisiones mecánicas. En los años 1960 se introduce la transmisión hidrostática directa a las ruedas.

2. Tecnología de producción

Por lo que respecta al crecimiento cuantitativo del parque de tractores en España durante los 50 últimos años puede resumirse en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Parque de tractores e índices de mecanización agraria en España

Años	Parque de tractores en España		
	1970 (hace 50 años)	1995 (hace 25 años)	2020 (actual)
Número de tractores	260.000 ⁽¹⁾	780.000 ⁽²⁾	1,000.000 ⁽³⁾
Índice de mecanización ⁽⁴⁾	0,6	1,9	3,3

⁽¹⁾ En los informes del Banco Mundial se cifra en 13 millones el parque ese año para todo el mundo

⁽²⁾ En el informe del B. M. el parque es de 24 millones. La mitad en Europa, donde España ocupa el sexto lugar tras Francia, Italia, Alemania, Rusia y Polonia.

⁽³⁾ Es una estimación a partir de nuevas inscripciones, ya que prácticamente a partir del año 2000, los organismos oficiales no ofrecen datos censales fiables. De hecho, no es infrecuente que los propietarios abandonen o desguacen un tractor obsoleto sin declarar la correspondiente baja.

⁽⁴⁾ kW/ha. Estimación del autor, contabilizando las potencias de tractores y otras máquinas autopropulsadas con relación a la superficie cultivada.

Aunque el número de tractores en servicio en los países desarrollados tiende a crecimiento nulo, la potencia media va en progresivo aumento. Así en España, según datos del Registro Oficial de Maquinaria Agrícola en el año 2019 (ROMA, 2019) la potencia media de los 12.000 tractores inscritos es de 83 kW (113 CV) frente a los 15.300 inscritos en 1995 con potencia media de 53 kW (72 CV)

La disponibilidad de altas potencias y capacidad de tracción para accionar grandes equipos y en condiciones difíciles de suelo, se refleja en la producción que ofrecen los principales fabricantes del mundo – en USA y Alemania especialmente - Así existen modelos por arriba de los 400 y 500 kW (550 y 680 CV) con un peso total que va desde las 12 a las 23 t, y sustituyendo en ocasiones las ruedas convencionales por cuatro orugas para mejorar la adherencia al suelo (Figura 1).

ϕ



Figura 1. Tractor CASE IH Quadtrac 620. (514 kW y 24 t de peso)

2. Factores que determinan los avances en la mecanización de los cultivos

El número, variedad e innovación de máquinas es la respuesta a las necesidades del sector productivo al que se destinan. En la agricultura la implantación de las máquinas depende principalmente de los siguientes factores:

2.1. De la oferta tecnológica

La maquinaria, desde la preparación del suelo a la recolección, pasando por la siembra y otras labores culturales, se diseña con el fin de adaptarse en gran medida a las circunstancias particulares de cada cultivo y tipo de explotación.

En primera instancia debe suponer para el usuario un medio seguro y ajustado a mejorar el puesto de trabajo del operario desde el punto de vista ergonómico. La prevención de riesgos y las ventajas ergonómicas relativas a aspectos posturales, esfuerzos físicos, protección ambiental –ruido, polvo, temperatura, ... - son temas prioritarios que se analizan y examinan al construir la máquina y promover su comercialización.

En definitiva, la aceptación de la máquina por el usuario dependerá especialmente de su eficiencia técnica, de su seguridad y de la calidad de su trabajo. Y no menos importante, de la mejora ergonómica que representa frente al trabajo manual.

2.2. De las explotaciones

Su dimensión, parcelación y condiciones del terreno son determinantes para la elección del tipo de máquina. Difícilmente puede lograrse una mecanización competitiva en explotaciones de pequeña dimensión con parcelación irregular y orografía accidentada. Y más difícil aún será la introducción de las máquinas si los accesos a las parcelas y la circulación vial no está debidamente planificada.

La propiedad del suelo, fragmentada con frecuencia como resultado de herencias y operaciones de compraventa, no asegura en absoluto la transformación y adaptación de las explotaciones agrarias hacia modelos productivos. Así ocurre, por ejemplo, en determinadas comarcas hortícolas y frutícolas de gran riqueza en suelo y clima que, sometidas a la presión de zonas urbanas y polígonos industriales próximos, van perdiendo su destino hasta quedar como retazos de suelo improductivo o complementario de otras actividades no agrícolas.

Por eso, en ocasiones debería promoverse en zonas de alto rendimiento una concentración parcelaria pactada y obligatoria seguida de obras que mejoren la infraestructura. Medidas que tanto éxito tuvieron durante los años 60 y 70 en zonas cerealistas y forrajeras principalmente. A partir de ahí, las explotaciones dispondrán de las condiciones que requiere una agricultura competitiva. Y su gestión, abarcando ahora mayor superficie y negocio, puede ser asumida bien por empresas bien por asociaciones cooperativas de producción en sus múltiples modalidades.

2.3. De los cultivos

La clase y aptitud de las variedades para su mecanización, unido a las restricciones de tiempo y forma impuestas por la cosecha, condicionan el uso y tipo de maquinaria

Es sabido los esfuerzos que se han realizado y aún continúan realizándose por parte de organismos y empresas productoras de semilla para conseguir variedades aptas que faciliten la

mecanización de su cultivo y sobre todo de la recolección mecánica. Semillas monogermen, calibradas, con alto poder germinativo, cosechas con ciclos bien definidos, maduración uniforme, frutos de fácil desprendimiento, resistencia a golpes y presiones, plantas de porte erguido, son objetivos frecuentes en esas tareas de adaptación del cultivo al proceso mecanizado.

2.4. De la previsión de costes y disponibilidad de mano de obra

Siendo el objetivo de cualquier actividad económica la obtención de un beneficio, es lógico que al incorporar los costes de una máquina o de un nuevo sistema de trabajo a la cuenta de ingresos y gastos se espere un resultado positivo en el balance. De lo contrario difícilmente se favorecerá el proceso innovador, salvo que se trate de una situación transitoria de adaptación, y que más adelante el resultado cambie de signo con carácter definitivo.

Por otra parte, la abundancia o escasez de mano de obra en determinados momentos puede ser freno o impulso para mecanizar el proceso con independencia del análisis comparado de costes.

2.5. De la mentalidad del agricultor

“Al labrador rutinario, y no por su culpa, desde el momento que en el ensayo de un nuevo apero el resultado sea contrario al fin perseguido, le sirve toda su vida de argumento irrefutable para oponerse a la más ligera modificación de sus hábitos” (Gascón, 1934). Estas palabras corresponden al ilustre ingeniero agrónomo D. Jesús Gascón (1852-1930) a raíz de una experiencia que tuvo en tierras de Salamanca, allá por el año 1929. Trataba de introducir el arado de vertedera en sustitución del arado romano. Es bien sabido que el arado romano hacía una labor poco profunda, alrededor de 10 cm, removiendo poco más del 50 % de la superficie y era incapaz de enterrar el estiércol que, en momentos de sequía, quedaba desecado en la superficie e inutilizado como fertilizante. Además, la irregularidad de la superficie que deja el arado romano no permitía el trabajo de las máquinas segadoras de la época que en esos momentos ya se ofrecían. En el ensayo puntual de la vertedera, circunstancialmente falló el resultado, y la actitud del labrador fue de intransigencia total.

Así se explica que el proceso mecanizador en la agricultura arrastre un retraso tecnológico con relación a otros sectores productivos. La actitud del sujeto en muchas ocasiones no es favorable a los cambios. Al contrario, ha ocurrido, por ejemplo, en el sector artesanal, con una rápida evolución en la segunda mitad del s. XIX, tanto por la actitud positiva de buena parte de los artesanos como por la incorporación de nuevos sujetos a la actividad industrial. De los pequeños talleres se pasó a industrias manufactureras donde el aumento de la productividad y la normalización de los productos fueron el resultado inmediato

En definitiva, el avance tecnológico se producirá con seguridad cuando esos cinco factores se muevan en la misma dirección. Es decir, si existe oferta tecnológica eficiente, si se trata de explotaciones adecuadas y variedades de cultivo aptas, si existe esperanza de beneficio y si la actitud del empresario/agricultor es abierta al desarrollo y a la innovación, el avance es obvio.

3. La maquinaria agrícola en la hortofruticultura. Su avance en los últimos 50 años

La maquinaria para hortofruticultura, ha experimentado un espectacular crecimiento en los últimos 50 años. A comienzos de los años 70, la mecanización en España, de esos cultivos era escasa. La recolección mecánica estaba en sus inicios. Pero en el momento actual la oferta tecnológica es muy completa y su evolución siguiente aspira a la automatización y robotización de gran parte de las tareas.

3.1. Unidades motrices

3.1.1. Tractores

A principios de los 70 eran novedad los tractores con tomas de fuerza normalizadas de 540 y 1000 rev/min; el sistema de enganche rápido de aperos; el control de fuerza y de posición en los brazos elevadores del enganche de tres puntos; los sistemas antivibratorios para los asientos del conductor; los bastidores y cabinas de seguridad, etc.

Las variantes y mejoras en los diseños de los tractores han ofrecido una amplia tipología, como son los tractores monoje o motocultores, tractores de baja, media o alta potencia, tractores de doble tracción, tractores articulados, tractores triciclo, tractores de vía estrecha, tractores zancudos, tractores de dos cuerpos extensibles (Figura 2), etc.



Figura 2. Tractor de ancho extensible y altura libre. BI-Tractor TBI

Esta tipología responde a las necesidades de los diferentes modelos de explotación. En líneas generales, los tractores de media y alta potencia se demandan más para una agricultura extensiva de cultivos herbáceos (cereales, leguminosas, forrajes, remolacha, ...). Los tractores de alta potencia con vía ancha también encuentran aplicación en la olivicultura y fruticultura extensivas. Los tractores articulados y los de vía estrecha, con pequeño radio de giro, son más apropiados en fruticultura intensiva y viticultura. Los motocultores y tractores de baja y media potencia con rueda estrecha y fácil maniobra, se usan sobre todo en horticultura intensiva, reservando los de mayor potencia para operaciones de preparación de parcelas y labores de

suelos. Por otra parte, los tractores de doble tracción han desplazado casi por completo a los de simple tracción.

Entre las mejoras técnicas más sobresalientes en los tractores de los últimos años destacan:

- Las cajas de cambio con elevado número de marchas (40 y más), incluyendo los cambios continuos, que permiten velocidades de desplazamiento lento (inferiores a 1 km/h) muy conveniente en algunas labores y tareas de recolección acompasadas al paso del hombre
- El acoplamiento de aperos a los tres puntos con enganche rápido y controladores de fuerza y posición
- El suministro de energía oleohidráulica para accionamiento de máquinas o aperos que lo requieran
- Los turboalimentadores y economizadores de consumo
- El uso de sensores en su avance, incluyendo los sistemas de autoguiado
- El progresivo aumento de su potencia.

3.1.2. Motocultores

En el otro extremo se sitúan los **motocultores**. Al comienzo del periodo analizado ocupaban un importante papel en zonas de minifundio, equipándose con herramientas de suelo cavadoras y azadas rotativas, vertederas reversibles de un cuerpo, pequeños cultivadores, cuchillas arrancadoras para patata y otros tubérculos, y remolques monoeje de transporte. Algunos fabricantes incorporando el **retrotren** con asiento convertían de facto al motocultor en un tractor articulado conducido por manceras. En la actualidad la presencia de los motocultores es escasa -se ha reducido de diez a uno a largo de las cinco décadas últimas- y su empleo marginal en pequeños huertos y jardines

3.2. Preparación de suelo

En las explotaciones hortofrutícolas, una vez acondicionados los suelos con los sistemas de drenaje y desinfección que hiciera falta, realizados normalmente por empresas especializadas, quedan como tareas habituales los trabajos de despedregado, nivelación y laboreo.

El **despedregado** de un suelo pedregoso destinado al cultivo hortícola es necesario realizarlo a veces de modo periódico. En efecto, la piedra en el subsuelo, con el laboreo de profundidad y el cosechado mecánico, puede fácilmente ascender y contaminar la superficie del suelo nuevamente. Las máquinas de que se dispone son: **despedregadoras-hileradoras**, **despedregadoras-cargadoras** y **despedregadoras-trituradoras**. Todas van provistas de rastrillos que afloran la piedra dejándola hilerada en el suelo, o bien trasladándola a tolva o remolque auxiliar, o bien triturándola con martillos o cadenas, según los casos.

Existe un caso particular que podría llamarse **despedregadora-enterradora**: las piedras afloradas las va enterrando nuevamente en una estrecha zanja que ella misma realiza. La distancia entre zanjas es alrededor de 2 m. La línea resultante sobre ese lecho de piedras se utilizará como línea de rodada para las máquinas subsiguientes de laboreo, cultivo o cosecha. Se ha utilizado en cultivo de patatas

La **nivelación por láser** con diferentes tipos de cuchillas se ha simplificado y generalizado como labor periódica en las parcelas dedicadas a la horticultura. Es una práctica deseable no sólo para el riego de pie, cada vez menos utilizado, sino por asegurar una siembra y desarrollo uniformes de las plantas, facilitando el trabajo posterior de las máquinas cosechadoras. La maquinaria de siembra y recolección se ha visto muy beneficiada con esta práctica

En el **laboreo del suelo** de cultivos hortícolas debe destacarse el trabajo de los **subsoladores** provistos de una o varias rejas de profundidad (de 40 a 80 cm), bien como equipo independiente, bien combinados con arados de disco u otra herramienta de desmenuzamiento más superficial. En esos últimos casos se realiza al mismo tiempo dos tareas, un subsolado para romper horizontes endurecidos y esponjar el suelo, y un desmenuzamiento con parcial volteo del suelo. También debe destacarse el modelo de **subsolador vibrante** accionado a la toma de fuerza que mediante una excéntrica genera un movimiento vibratorio de la reja, lo que facilita su avance y la rotura del suelo sin consumir más fuerza de tracción en el enganche, aunque obviamente demanda potencia a la toma de fuerza.

Los **arados de vertedera** comparten con los **arados de disco y gradas de disco** labores primarias de preparación del suelo. El disco tiene la ventaja de superar dificultades en el avance como son piedras o raíces, lo que pueden ser obstáculos para la vertedera. En terrenos muy arcillosos evita la formación de suelo y mejora la disgregación del suelo. Sin embargo, en terrenos francos el volteo y la uniformidad de la labor que se consigue es superior con la de vertedera. En todo caso, la tendencia desde hace ya bastantes años es la sustitución parcial de las labores de vertedera y de discos por la llamada **labor vertical con rejas tipo "chisel"** de 20 a 30 cm, menos dispuesta al volteo de capas de suelo. Un novedoso diseño de arado chisel lleva la reja inclinada con respecto al plano vertical de avance y dispone de un ala plana que incrementa el esponjamiento de la tierra sin llegar a voltearla.

En relación con las labores secundarias siguen empleándose de forma generalizada los **cultivadores de rejas escarificadoras y rejas escardadoras**. Las rastras típicas de púas rígidas para romper la costra y preparar el terreno para una siembra han sido desplazadas por los **gradas canadienses** de dientes elásticos acompañadas con frecuencia de **rulos estriados** o ruedas de estrella que rompen los terrones, dejando una capa mullida y uniforme.

Finalmente, las **fresadoras** siguen siendo muy empleadas en horticultura como máquinas encargadas de un desmenuzamiento y aplanado fino del suelo. Es una labor muy apreciada por facilitar el trabajo posterior de sembradoras y plantadoras.

3.3. Siembra y plantación

A mediados del siglo pasado surgen las llamadas **sembradoras de "precisión" de tipo mecánico**, mejor llamadas sembradoras monograno, la precisión está por demostrar. Pretenden la colocación individualizada y equidistante de la semilla a profundidad constante. Estas sembradoras tienen tantos cuerpos como líneas atienden y las soporta un bastidor común que permite cierta oscilación vertical para que cada cuerpo se adapte a las irregularidades del terreno en la línea que siembra. El mecanismo distribuidor puede ser un disco o plato con orificios radiales de alojamiento para la semilla, una correa perforada con el mismo fin, o un plato de cucharillas acodadas que suavemente trasladan la semilla a la zona de caída. Estos equipos requieren de semillas uniformes, limpias y con alto poder germinativo, de lo contrario

podrían presentarse fallos en la siembra por caída de dobles o triples semillas o por ausencia de semilla en los alojamientos.

Poco después aparecen las sembradoras de “precisión” **de tipo neumático**, bien de aspiración o menos frecuente de soplado. Indudablemente han desplazado en gran medida a las de tipo mecánico. Por un lado, no son tan exigentes en la uniformidad y su forma esférica de la semilla como exigen las mecánicas de disco o de correas. Por otro lado, al transportar la semilla con una fuerza de retención neumática aseguran su permanencia, incluso a velocidades de trabajo superiores y en suelos menos uniformes. Eso sí, requieren un buen ajuste de los niveles de aspiración o sobrepresión y adoptar el disco de orificios adecuados según el tipo de semilla. El filtrado de aire es muy importante para evitar obstrucciones en los conductos y pequeños orificios por donde se atrae y retiene la semilla. Es frecuente que los equipos de siembra se acompañen con tolvas y tubos de caída adicionales para distribución de fertilizante y/o insecticida en las líneas de siembra.

Desde hace muchas décadas son conocidas las **plantadoras asistidas** de patata, ajo y similares, a veces también llamadas sembradoras, aunque no son semillas lo que aportan al suelo. En ellas el operario va colocando la patata de siembra, el diente de ajo, o lo que corresponda, en un plato o cadena transportadora. Desde allí cae al surco abierto por la reja. Se completa la tarea con su posterior cubrición por los aporcadores. A finales de los 70 aparecen las **plantadoras** de alimentación **automática**. Ahora el trabajo de colocación en el transportador ya no requiere la colaboración del operario. Mediante platos verticales de pinzas prensoras o cadena de cangilones, y en el caso de la patata además plato vertical de pinzas de agujas o transportador de correas con planos inclinados, y en el caso del ajo selector neumático de plato, se consigue seleccionar y transportar el material de siembra con bastante eficacia. Como también sucede en las sembradoras y plantadoras asistidas es regulable la relación de velocidades entre el transportador y la de avance de la máquina, así se varía la distancia entre plantas dentro de la línea.

Cuando el trasplante se prefiera a la siembra directa también se encuentra resuelta su mecanización (Gracia, 1991). Existen de antiguo sencillas **trasplantadoras asistidas** donde el hombre coloca la plantita con raíz desnuda en un transportador vertical de pinzas o de discos que se encarga de depositarla en el surco hecho al efecto. Después aparecieron trasplantadoras asistidas preparadas para que el operario tomando la plantita con su cepellón de bandejas de semillero la colocase en un transportador de cangilones o de vasos para su entrega al suelo. En todas las trasplantadoras asistidas existe un operario para atender cada línea de plantación de la máquina.

En los años 80 se presentan las **trasplantadoras semiautomáticas** que desde bandejas con sustrato continuo el operario puede alimentar transportadores de hasta tres líneas. Los transportadores son cintas estrechas inclinadas con movimiento descendente e intermitente y un dispositivo de pinza que individualiza el sustrato con la plantita correspondiente y los deposita en el surco. Los modelos de gran capacidad trabajan hasta 15 líneas y su rendimiento alcanza las 0,7 ha/h, necesitando seis operarios sobre la máquina y un vehículo que marcha en paralelo para el abastecimiento continuo de bandejas. La productividad en ese caso es alta, del orden de 10.000 plantas/h.h.

Por último, las consideradas **trasplantadoras automáticas** disponen de un sistema basado en expulsores que extraen automáticamente la plantita con su cepellón de los alvéolos de la bandeja. Unas pinzas móviles con rotación intermitente la colocan en el distribuidor para su envío al surco. Aquí el operario se limita a situar las bandejas en la mesa de trabajo, pudiendo atender cinco líneas. El rendimiento puede superar las 15.000 plantas/h.h. Como caso excepcional por el tipo de cultivo y las condiciones de la plantita prácticamente desnuda se puede citar pequeñas trasplantadoras automáticas de 6 líneas para arroz, de fabricación japonesa, que alcanzan las 40.000 plantas /h.h (Figura 3).



Figura 3. Trasmplantadora automática para arroz

Como complemento a la implantación del cultivo, también se dispone de máquinas **extendedoras de películas para acolchado**. Suelen combinar su trabajo con unidades de plantación, de siembra, o de distribución de tuberías de goteo. Al extender la película debe comprobarse la firmeza con que entierran sus bordes sin rasgarlos, así como la tensión mantenida a lo largo de la línea acolchada. Pueden trabajar en llano y en meseta. Algunos modelos perforan la película en los puntos por donde deba colocarse la plantita. También se dispone de máquinas (Gracia, 1993) capaces de realizar la extensión de microtúneles continuos (Figura 4), incluida la colocación de los arquillos de soporte. Por último, existen en el mercado diversos modelos de máquinas para **retirada de películas** y recuperación de arquillos.



Figura 4. Extendidora de película sobre arquillos

3.4. Abonado y tratamientos

Para el abonado se dispone de:

- **Abonadoras de ancho constante** de abono mineral, con caída por gravedad y ancho constante. Superados los modelos de ancho de máquina igual a ancho de trabajo, los modelos que se imponen ahora son los grandes remolques con salida de abono desde la parte posterior hacia un tornillo sinfín transversal que lo distribuye en bandas al suelo. Aunque menos utilizadas, hay abonadoras con depósitos de menor capacidad, generalmente suspendidos al tractor, que dosifican y conducen el abono por transporte neumático hasta las líneas de entrega al suelo.
- **Abonadoras centrífugas de disco y pendulares.** Lanzan el abono en trayectoria parabólica al suelo. Su uniformidad es inferior a las de ancho constante. Por otro lado, requieren abonos granulados y sueltos. Su ventaja es la velocidad de trabajo, de 2 a 4 veces superior, y el ancho de distribución del abono lanzado puede llegar fácilmente a los 10 m. También pueden emplearse para localizar el abono en profundidad sustituyendo el disco o el péndulo, según los casos, por rejas subsoladoras ahuecadas por donde desciende el abono sea mineral u orgánico. Este abonado es frecuente en fruticultura como abono de fondo.
- **Remolques esparcidos de estiércol** provistos de fondo móvil con el que se ajusta la dosis. Llevan unos cilindros desmenuzadores y esparcidos, o discos en otros casos, para lanzar el material orgánico en bandas de 3 a 6 m normalmente.
- **Unidades de fertilizante incorporados a las máquinas de siembra.** Se trata de tolvas adicionales a las de semilla, como ya se dijo anteriormente, que aprovechan los bastidores y la transmisión del movimiento de avance de las sembradoras para regular y distribuir el abono.
- **Tanques de purín.** Desde las cisternas de purín se bombea el producto, bien como pulverización sobre el terreno, bien como un flujo a presión hacia las rejas inyectoras que lo colocarán a diferentes cotas de profundidad, de 5 a 20 cm

Para la distribución de productos fitosanitarios se dispone de gran número de tipos de máquinas. Dada la exigencia impuesta por la normativa actual sobre inspección periódica de estos equipos, la renovación y mantenimiento de los mismos se ha intensificado, y al mismo tiempo el sector de fabricantes ha avanzado en la modernización y mejora de estos productos, incorporando dispositivos de control y automatización de su trabajo.

- **Mochilas** de accionamiento manual y con motor eléctrico o de gasolina para pulverización hidráulica, y mochilas para pulverización neumática (atomizadoras) y espolvoreo con motor de gasolina.
- **Carretillas** para pulverización hidráulica e hidroneumática, provistas de grupo motobomba, con boquillas hidráulicas dispuestas en barra, y en caso de boquillas hidroneumáticas, dispuestas en arco.
- **Depósitos** remolcados o suspendidos a tractor, con equipo de bombeo para la pulverización hidráulica. El producto a presión puede llegar a **barras pulverizadoras horizontales**, abarcando anchos de 24 m en los grandes equipos, o también a **barras verticales** para cultivos en seto o en empalizada. También pueden, a través de mangueras, llegar a **pistolas de alta presión**, manejadas por operarios a pie, en

- aplicaciones de árboles aislados o en plantaciones intensivas de difícil circulación para los tractores.
- Actualmente, se han generalizado mucho los **pulverizadores hidroneumáticos**, conocidos como turboatomizadores. Su empleo en fruticultura está muy generalizado. Lo más frecuente es la versión de equipo arrastrado con depósitos de 1000 a 3000 l, pero también se ofrecen equipos suspendidos más ligeros y equipos autopropulsados con mayor capacidad. Algunos modelos se han construido con estructura zancuda para tratar simultáneamente ambas caras de las líneas de cultivo (arbolado, viñedo, ...) (Figura 5).
 - Aunque menos empleados, los **pulverizadores neumáticos** también se encuentran en versiones suspendidos, arrastrados o autopropulsados. En ocasiones el emisor es un cañón de largo alcance. Son más frecuentes en los cultivos hortícolas.
 - Los **pulverizadores de disco** que provocan una pulverización homogénea del líquido por efecto centrífugo, se aplican especialmente para tratamientos herbicidas o superficiales de suelo. Los discos se accionan con un motor eléctrico coaxial de muy baja potencia. Hay modelos acoplados a tractor o carretilla con los discos dispuestos en el extremo de barras próximas al suelo. Es muy frecuente el modelo manual que consiste en un tubo de plástico con pilas en su interior, y en el otro extremo el disco con su pequeño motor. El depósito de producto en los modelos manuales es mochila o bandolera.
 - Por último, los medios aéreos, cuyas modalidades en los años 70 eran la **avioneta ligera y el helicóptero**, empleados para tratamientos de grandes zonas, combatiendo plagas puntuales, se han visto incrementados con el uso de **ultraligeros y drones** para aplicaciones en espacios menores.



Figura 5. Pulverizador cabalgante para 3 líneas de frutales

3.5 Recolección mecánica de productos hortícolas

Con carácter general, la recolección mecánica integral de productos hortícolas y frutícolas era escasa a comienzos de los 70. Es sin duda el grupo de máquinas que más ha crecido en términos relativos y siempre como resultado de pruebas y adaptaciones mutuas máquina-cultivo

Evidentemente el mayor desafío para la máquina agrícola es la recolección del producto. Las diferencias de posición, de forma, de tamaño, de estado y naturaleza del producto aprovechable –tubérculo, bulbo, raíz, hoja, tallo, inflorescencias, fruto, ... - son tan evidentes que hace inútil hablar de una cosechadora universal de hortalizas.

En algún caso particular, a partir de los métodos operacionales (Gracia y Palau, 1983), puede encontrarse una cierta polivalencia en algunas cosechadoras. Así, una cosechadora que arranca zanahorias por tracción, puede utilizarse con pequeños cambios, para apio, nabos, puerros, ... o una de guisante puede utilizarse para habas, pero poco más. La máquina de recolección en horticultura es muy específica.

Por otra parte, es lógico y habitual, que un mismo fabricante, para lograr economía de fabricación y repuestos, construya máquinas en forma modular, de manera que el motor, la transmisión, propulsión y chasis puedan ser elementos comunes a cosechadoras diversas. Así sucede, por ejemplo, con una firma de cosechadoras de guisante, de espinacas, de judía y de maíz dulce que utiliza muchos elementos comunes, lo que iguala el valor de la máquina y su potencial de trabajo.

Está comprobado que el éxito de la recolección mecanizada depende de un conjunto de factores que deben tenerse presentes desde mucho antes de poner en marcha la cosechadora. Estos son:

- **Preparación de la parcela** (despedregado y nivelación)
- **Implantación del cultivo** (densidad, alineación y espaciamiento entre plantas)
- **Uniformidad en el desarrollo** de las plantas y ausencia de **malas hierbas**
- **Aptitud** de la variedad
- **Momento** oportuno de la recolección
- Calidad mecánica de la **cosechadora**
- Habilidad y experiencia del **operario**
- Planificación y **organización del trabajo**

3.5.1. Recolección de patata

Los equipos mecánicos utilizados actualmente son:

- **Arrancadoras de 1 y 2 líneas.** Tipos: a) parrilla oscilante y b) cadena cribadora.
- **Cosechadoras de 1 y 2 líneas,** menos frecuente de 4 líneas. Arrastradas por tractor o autopropulsadas, provistas a veces de desbrozadora delantera para eliminación de la mata. Almacenan el producto en tolva, o bien en sacas de 500 a 1000 kg, o bien son de descarga continua. Suelen necesitar entre 2 y 4 operarios auxiliares sobre la máquina para facilitar la separación, tría y clasificación del producto.

Actualmente el nivel de desarrollo y calidad alcanzado por las cosechadoras de patata desplazan el uso de equipos descompuestos -arrancadora, recogida manual y equipos de carga-, no solo por razones económicas y de productividad, sino también para prevenir daños y deterioro en el producto durante el proceso de recolección. (Bueno y Expido, 2006)

Las condiciones deseables para la cosecha mecánica son: suelo seco, sin piedra, ni terrón; bajas velocidades en las cadenas de limpia y transporte; varillas forradas con caucho o similar; elementos de amortiguación de la caída de la patata a la tolva; altas temperaturas en el momento de recolección, mínimo 12º C; tubérculo de piel gruesa, el destallado previo dos semanas antes del arranque lo facilita; y menor contenido de materia seca, lo que se favorece con altos contenidos en potasio. (Gracia, 2007)

3.5.2. Recolección de cebolla

Los equipos mecánicos utilizados actualmente son

- **Destalladora de eje vertical**, levanta el tallo por aspiración de la propia cuchilla en su giro, lo corta, lo trocea e impulsa los restos fuera de la zona de trabajo. Generalmente se equipan las destalladoras con tres ejes de cuchillas. Pueden acoplarse a la parte delantera del tractor, mientras en la parte trasera se acopla la máquina arrancadora. Así resulta destallado y arranque en la misma pasada
- **Arrancadora hileradora** de barra cuadrada o de cuchilla fija: arranca los bulbos y los expone hilerados a un secado en superficie para su posterior recogida. Ancho de trabajo de 1 a 1,6 m.
- **Recogedora cargadora**. Realiza la recogida de la cebolla hilerada y trata de separar la piedra y terrones que la acompañan, con dispositivos mecánicos y mano de obra auxiliar sobre la máquina (1 o 2 operarios). Capacidad de trabajo similar a las arrancadoras.
- **Cosechadoras**. Normalmente, si el bulbo se quiere dejar secar unos días sobre el propio campo, una vez la cebolla ha sido arrancada, el trabajo de la cosechadora será idéntico al de una recogedora-cargadora. Si se dispusiera de grandes instalaciones adecuadas para secado en almacén, entonces la cosechadora actuaría como tal, arrancando, limpiando y cargando en una sola pasada.

3.5.3. Recolección del tomate para industria

Los equipos mecánicos utilizados actualmente son las **cosechadoras autopropulsadas y arrastradas, de 1 y 2 líneas**.

Las autopropulsadas de 1 línea, son las más frecuentes. Provistas de cabezal arrancador bien de discos, de cuchilla o de doble cuchilla que realizan un ataque ligeramente por debajo de la superficie del suelo. Con o sin molinete para ayudar la entrada del producto en la cadena elevadora. Para soltar el fruto de la mata se equipan con sacudidores tipo erizo o separador de correas. Después actúa la cadena cribadora eliminando algún tallo o mala hierba y los selectores por color para eliminar tomate verde y alguna piedra o terrón. Termina el trabajo con transporte a tolva o descarga continua en remolque auxiliar. Requieren 1 ó 2 operarios auxiliares en la máquina para completar la selección. En el sistema separador se encuentran las mayores diferencias entre cosechadoras. (Jarén *et al.*, 2004)

Los requisitos para un buen trabajo de las cosechadoras de tomate son: suelos bien nivelados, poca piedra superficial y caballones bien conformados; variedades de mata pequeña, fructificación rápida, uniforme y agrupada; frutos con fácil desprendimiento, esféricos, uniformes, firmes y de piel resistente; frutos maduros, entre 80 y 85 % para iniciar la recolección

3.5.4. Recolección de guisante verde

El sistema de recolección descompuesta, arranque e hilerado, secado en campo y recogida con máquina recogedora trilladora, que se practicaba en los años 60 ha sido prácticamente sustituido en su totalidad por la recolección integral que realizan las cosechadoras integrales, cuyos primeros modelos aparecen a finales de los años 70.

2. Tecnología de producción

Los equipos mecánicos utilizados actualmente son las **cosechadoras de gran capacidad, autopropulsadas** (Figura 6). Valores medios: potencia de 200 a 300 kW; masa de 20 t; tolvas de 2 a 3 t; anchos de trabajo, de 3 a 4 m. Van provistas de tambor peinador frontal y rodillo palpador. Grandes cilindros de trilla, longitudinales, con ligera pendiente hacia atrás para el avance de la masa vegetal, y función de criba. Bandas laterales para eliminación de elementos de subproducto. Elevador de grano. Ventiladores para limpieza. Y tolva. Sus complejos circuitos hidráulicos totalizan más de 30 actuadores -sumando motores y cilindros hidráulicos- con varios automatismos que actúan sobre electroválvulas. (Gracia, 2004)



Figura 6. Cosechadora de guisante. Ploeger

Las mejores condiciones para un buen trabajo de estas cosechadoras son: superficie bien nivelada, poca o nada piedra superficial y ausencia de malas hierbas; variedades de mata enana, entrenudos cortos, porte erguido, vainas largas y maduración uniforme y enraizamiento; grado tenderométrico preciso (100 a 120). Puede oscilar 10 grados entre la mañana y la tarde, o entre calibres pequeños -6 a 7 mm- y gruesos -9 a 10 mm-.

3.5.5. Recolección de judía verde

Utilizando variedades de mata baja, maduración uniforme y facilidad de desprendimiento de las vainas, la recolección masiva por medios mecánicos de la judía verde es posible y eficiente. La maquinaria es distinta si la judía se destina a la industria o se destina a mercado en fresco.

Para industria:

Cosechadoras autopropulsadas de gran capacidad. Recogida con tambor peinador frontal de 3 a 5 m de ancho. Banda de elevación del producto a cribado y limpieza por aire. Descarga en tolva y vehículos auxiliares.

Para mercado en fresco:

Cosechadoras, para una o dos líneas, de baja capacidad generalmente arrastradas. Recogida con tambor lateral de eje inclinado para recorrer de arriba abajo la mata y “peinar” sus vainas. Normalmente la cosecha no va a tolva, sino que pasa por una mesa de tría y un operario va colocándola en cajas (Figura 7).



Figura 7. Cosechadora para judía en fresco. Tambor lateral COOPMES (Modena-Italia)

3.5.6. Recolección de maíz dulce

Los equipos mecánicos normalmente empleados son:

Cosechadoras autopropulsadas de cuatro líneas. Cada línea dispone de una cadena embocadora y rodillos arrancadores longitudinales que realizan una suave labor de “ordeño” de las mazorcas de abajo a arriba, sin separar la bráctea. Después, una limpia con ventilación donde se eliminan las hojas. Por último, descargan en tolva.

Los requisitos para un buen trabajo de las cosechadoras de maíz son: plantas erguidas, bien alineadas y con tallos resistentes; maduración uniforme, con 22 a 24 % de materia seca en las mazorcas

3.5.7. Recolección de espinaca

La maquinaria es distinta si la espinaca se destina a la industria o se destina a mercado en fresco

Para la industria:

Cosechadoras de gran capacidad autopropulsadas, Son máquinas preparadas para trabajar en condiciones muy adversas sin perjudicar al cultivo (Torregrosa, 2004). La recogida se realiza con barra de corte auxiliadas con molinete. Además, se utiliza soplado de aire para evitar la entrada de elementos extraños, roedores, insectos, ... ocultos entre las hojas. Después continúa el transporte por aire hasta la tolva de rejilla (Figura 8).



Figura 8. Cosechadora de espinacas para industria

2. Tecnología de producción

Para mercado en fresco:

Cosechadoras de baja capacidad, de 2 m de ancho, generalmente arrastradas. Recogida con sierra de corte continua (cinta cortante). Elevación a la mesa de tría y llenado de cajas atendida por 2 a 3 operarios. Velocidad de avance lenta. El manejo de cajas llenas y vacías requiere una adecuada planificación y la contribución de remolques auxiliares (Figura 9).



Figura 9. Cosechadora de espinacas para industria

3.5.8. Recolección de ajo

Los equipos recomendados son:

Arrancadora-atadora, de 1, 2 o 3 líneas. Acopladas a tractor. Presente ya desde los años 80. El arranque se realiza por tracción mediante correas prensoras inclinadas, ayudadas por una pequeña reja que empuja por debajo del nivel del bulbo. Después de eliminar parte de la tierra adherida a las raíces pasan las plantas ordenadas a una mesa de atado. Los manojos se lanzan al suelo para un posterior agrupamiento manual y carga en remolques. Este tipo de máquinas también puede emplearse con diseños específicos para la recolección y atado de plantas aromáticas como, lavanda, lavandín, espliego y romero

Cosechadora. De aparición posterior, años 90. Estas cosechadoras arrancan por tracción igual que las arrancadoras, pero en lugar de atar en gavillas, destallan el ajo –esta es la novedad-. Las cabezas de ajo pasan a llenar la tolva, los palots o el vehículo auxiliar. La cosecha pasará al almacén para un secado final en cámaras y almacenamiento o transformación (Gracia, 1993).

3.5.9. Maquinaria de recolección de la zanahoria, nabo, apio y otros

Desde hace varios años se ha ido imponiendo, también en zanahoria y muchas otras plantas umbelíferas, el de arranque por tracción ya comentado en el caso del ajo. Para ello es necesario que la planta tenga una parte aérea bien desarrollada y firme donde las correas prensoras realizan su trabajo de tracción. Frente a los antiguos procedimientos de arranque por empuje con el arranque por tracción se reducen daños a la raíz y se evita subir tierra y piedra a la máquina

Cosechadora por tracción. Arrastradas o autopropulsadas, para una o más líneas. Las correas prensoras al término de su recorrido obligan a la planta a pasar por un mecanismo, de dedos engranados en el caso de la zanahoria, que separan la raíz del tallo. Las raíces pasan a una mesa de tría opcional y descargan sobre palot, saca gigante o remolque auxiliar

En el caso de la recolección de puerros también se utiliza una cosechadora de tracción similar a la de zanahoria, si bien se sustituye el mecanismo de separación de raíz y hojas por otro que corta parte de la raíz de los puerros. Los puerros pueden dirigirse directamente a tolva o palot sin ayuda de operario

3.5.10. Recolección de coles y lechugas

Cuando la recolección de estos cultivos se plantea como masiva y en una sola pasada cabe utilizar las nuevas cosechadoras de corte, bien por barra de doble cuchilla y movimiento alternativo, bien por cinta de sierra continua, o bien por discos.

Cosechadoras de una o varias líneas, generalmente arrastradas. El mecanismo de corte trabaja a ras de suelo. El embocado de las plantas se ve ayudado por un transportador elevador de poca inclinación y cintas laterales en el caso de las coles. Después el producto llega a una mesa de limpieza y envasado. En el caso de la col repollo se eliminan las hojas externas por rozamiento con rodillos de giros contrarios. Para el buen trabajo de estas cosechadoras es necesario que la plantación sea muy uniforme, tanto en alineación como en desarrollo y que el suelo no tenga piedra y esté bien nivelado (Figura 10).



Figura 10. Cosechadora de lechuga, coles, repollos, ...

En caso de no ser posible la recolección masiva, o que se requiera un mayor cuidado en el manejo del producto se recurrirá a la maquinaria de asistencia, que se comenta en el apartado siguiente

3.6. **Maquinaria de asistencia a la recolección manual de productos hortícolas**

En muchos de los productos hortícolas para consumo en fresco, la maquinaria ve limitado su empleo por el deterioro que pueden sufrir aquéllos. Lo mismo sucede cuando se trata de una recolección selectiva o en varias pasadas donde los medios mecánicos no resulten eficientes. Entonces el papel de la maquinaria es de “asistencia” a la recolección manual.

2. Tecnología de producción

Por tanto, las labores de una máquina de asistencia pueden ser desde la simple recepción del producto donde ha sido cosechado por la mano de un operario, y su traslado al extremo de la parcela para trasvasarlo a un vehículo de larga distancia, hasta la confección y envasado de los productos que se confeccionan en el propio campo.

El trabajo de confección realizado en campo ofrece las ventajas siguientes: descongestiona los almacenes de la empresa o cooperativa, se minimiza el volumen, gestión y gasto de subproductos en almacén, disminuye el riesgo de daños al producto al estar acondicionado en sus envases definitivos y no necesitar de nuevas manipulaciones y finalmente se obtiene un valor añadido que recae sobre la producción de campo. (Gracia, 1999)

De la infinidad de máquinas que pueden calificarse de asistenciales, merece destacarse aquellas que se autodesplazan junto a un grupo de recogedores recibiendo ordenadamente el producto y trasladándolo a la zona de acondicionamiento, clasificación y embalaje de que van provistas. Son las llamadas **plataformas colectivas autopropulsadas de gran capacidad**. Con velocidades de avance regulable desde los 0 m/h. Llevan cintas transportadoras para recepción del producto en el lugar ocupado por el operario que lo cosecha. Esas cintas situadas en la parte delantera de la máquina pueden abarcar 10 o más metros de ancho y auxiliar a 10 o más recogedores. El producto una vez entra en la plataforma se somete a limpieza, recortes y almacenamiento (Figura 11).



Figura 11. Cosechadora de lechuga, coles, repollos, ...

En las plataformas más completas el producto entero se clasifica, calibra, pesa, envasa y etiqueta. Todo ello con máquinas y herramientas adecuadas y con una plantilla de personal que puede alcanzar del orden de 10 a 15. Dada la lenta velocidad de avance de la plataforma los envases ya confeccionados pueden trasvasarse a carretillas o remolques auxiliares sin detener el trabajo. Finalmente, los camiones de transporte que esperan en la cabecera de las parcelas llevarán la mercancía al almacén de distribución o directamente al mercado, sea exportación sea interior.

3.7. Recolección mecánica en fruticultura

En el caso de los frutales, es una tendencia irreversible la evolución hacia conformaciones de árbol de menor tamaño, con producción intensiva y elevada densidad de plantación, respetando las calles para labores de cultivo, poda y recolección mecánica o robotizada. Gracias a la obtención y desarrollo a escala global de patrones de bajo vigor unido a una poda hacia formas planas o de estrechos setos, se consiguen plantaciones con copas de árbol de fácil acceso para

las máquinas, para los productos fitosanitarios, para la luz y para la mano del hombre. La mecanización total y la entrada en producción a los tres o cuatro años contribuyen a la recuperación de la inversión hecha en la plantación – material vegetal, ahoyado, tutores, podas, guías de formación, instalación del riego, ...-

Aunque esa tendencia a cultivos arbóreos “intensivos” y “superintensivos” está claramente comprobada, no puede olvidarse que los cambios tecnológicos en las explotaciones frutícolas son todavía más lentos que en la horticultura herbácea. La larga vida productiva de árboles tradicionales, que van desde varias décadas a varios siglos, como el olivo, son un freno a la transformación. Además, la dimensión, regularidad y accesibilidad de las parcelas que requieren los sistemas intensivos modernos, no se encuentran siempre en las explotaciones tradicionales. En otros casos, la existencia de climas y suelos con potencial de baja productividad hacen desistir de la transformación. Por tanto, en un futuro, aunque su presencia vaya reduciéndose, habrá que seguir atendiendo al cultivo tradicional.

3.7.1. Cultivos frutícolas tradicionales con árboles de gran desarrollo y amplios marcos de plantación

Vibradores de tronco. Los primeros diseños aparecen a mediados del pasado siglo, con poco éxito por el bajo porcentaje de frutos derribados y los daños ocasionados a la corteza. Ha sido necesario estudiar en detalle la generación y transmisión de las vibraciones en las estructuras y tipología de árboles (Gil y Gracia, 1979) y en los frutos (López y Gracia, 1979) – frecuencias, modos, direcciones, amplitudes y tiempos de vibración-, así como los diseños de las pinzas prensoras, su movilidad, la adaptabilidad a distintos perfiles de tronco y la firmeza de la sujeción evitando tensiones tangenciales sobre la corteza.

Hoy día ya se alcanzan con normalidad porcentajes de derribo superiores al 85 % cuando la cosecha está en el punto de maduración adecuado y la abscisión del fruto se ve facilitada. También se reconoce que la mayoría de los vibradores no producen daños irreparables en la corteza. Por otro lado, el árbol debe reunir un mínimo de condiciones para que el resultado sea satisfactorio, entre otras, disponer de espacio libre del tronco al suelo -no menor de 70 cm- y minimizar ramas péndulas practicando una poda equilibrada.

El derribo del fruto debe completarse con algún elemento de recepción como puede ser “**el paraguas invertido**” (Figura 12), las lonas extendidas bajo el árbol y retiradas mecánica o manualmente hacía un remolque o tolva. Pero hay casos, que se admite la caída directa del fruto al suelo para ser posteriormente amontonados y recogidos por soplado y barrido sin ocasionar daños (caso del nogal).

Actualmente, los vibradores acoplados a tractor convencional han conseguido buena movilidad y facilidad de agarre al tronco, lo que sumado a la experiencia de los usuarios han mejorado mucho los rendimientos de la operación de derribo por vibración

Las vareadoras mecánicas y vibradores de ramas, generalmente portátiles, son una alternativa menos recomendada, salvo que la orografía, el pequeño número de árboles en la parcela o su porte irregular descarten el uso de vibradores de tronco.

Plataformas: cuando la fruta que se desea recoger no admite la caída libre y la altura es mucha se puede recurrir a plataformas individuales autopropulsadas que acercan al operario a la fruta.

2. Tecnología de producción

Se acciona la velocidad de avance, retroceso, giros y altura, desde el mismo puesto de trabajo. Suelen ser de tres ruedas para tener la máxima movilidad con curvas de poco radio. Algunos modelos disponen de un conducto donde el recogedor deposita la fruta para su descenso controlado al depósito situado en la base de la máquina.

El uso de plataformas colectivas solo es útil si las calles y las cabeceras de línea permiten su paso y maniobra, si la distancia entre árboles en la línea no es mucha y si las copas no son muy densas. Circunstancias las dos últimas que no se suelen cumplir en este tipo de explotaciones.

Para la paletización y transporte de la cosecha manual en la parcela se dispone de **carretillas autopropulsadas, horquillas acopladas a tractor y remolques convencionales** que mejoran las condiciones y los tiempos de trabajo, (Gracia y Bernad, 1988).



Figura 12. Vibrador de tronco con “paraguas”

3.7.2. Cultivos frutícolas con sistemas intensivo de plantación

Los llamados cultivo intensivo, con densidades de plantación de 400 a 600 árboles/ha, marcos del orden de 6 m X 4 m y altura de copa de 4 a 5 m, y el más reciente, cultivo superintensivo, de muy alta densidad (SHD), de 1800 a 2700 árboles/ha, marcos del orden de 3,5 m x 1,5 ó 1m y altura de copa de 2 a 4 m, se han extendido a muchas especies arbóreas. El manzano, peral, melocotonero, ciruelo, cerezo, membrillero entre otros y recientemente el naranjo son, en zonas con suelo, clima y riego adecuados, claros ejemplos. También en el olivo desde hace muchos años, y después el almendro y pistachero, son casos importantes. En el nogal, aunque aún se mantienen marcos de plantación amplios, ya se ven explotaciones de 200 a 250 árboles/ha para aprovechamiento de fruto, no de madera, lo que se suma a los casos citados.

Maquinaria para sistemas intensivos (calles de 5 a 7 metros)

En la preparación de la plantación es recomendable el uso de **ahoyadoras** acopladas lateralmente al tractor y con movimiento intermitente. Ofrecen un alto rendimiento y aseguran equidistancia y alineación

Si existe labor de suelo el gradeo con disco y los cultivadores para escarda mecánica y rotura de costras es lo más aconsejable. En el caso de no laboreo con mantenimiento de la cubierta con restos vegetales puede usarse segadoras trituradoras de eje horizontal para la zona de la calle y un disco articulado con cuchilla de eje vertical para segar los espacios entre pies

La poda fundamentalmente se realiza con **podadoras de seto** acopladas lateralmente al tractor. Disponen de tres o más discos u cuchillas rotativas alineadas y contenidas en un mismo plano. El plano de corte puede inclinarse en dos direcciones y asimismo elevarse desde el puesto del conductor. El mantenimiento del seto requiere atender la operación de poda prácticamente con carácter anual. En esta labor el puesto del tractorista debe estar bien protegido (cabina o carena) ante el lanzamiento de materiales y la peligrosidad de los elementos de corte

Los tratamientos, al estar las copas de árboles de la misma fila en contacto o solapadas, se realizan con pulverización continua y caudal constante. Se recurre a pulverizadores hidráulicos o hidroneumáticos (turboatomizadores) según las formulaciones empleadas y la penetración deseada, rara vez es pulverización neumática. Una vez más el equipo de protección del tractorista es necesario ante la atmósfera que le rodea.

Para la recolección mecánica hay varias soluciones que se emplearán según el resultado de las pruebas previas comprobando la eficiencia (cosecha desprendida), los daños al árbol o a la cosecha y el coste de las operaciones:

- **Vibradores de tronco trabajando lateralmente** al tractor de tal modo que no haya cambios de dirección ni maniobras para ir de un árbol a otro. El derribo de la fruta puede ir directamente al suelo (caso del nogal) o recibirse en dos planos inclinados, uno a cada lado del árbol. Un plano forma parte del equipo tractor y vibrador y el otro, situado en la calle contigua, se acopla y transporta el producto al remolque de recepción arrastrado por un segundo tractor. El uso de paraguas invertido no es oportuno al estar las copas en contacto o solapadas
- **Sacudidores de copa basados en tambores de eje vertical**, con varios pisos de varas radiales que penetran en la copa sobre las ramas fructíferas al tiempo que avanza el tractor sin forzar las ramas. Se completa la máquina con los componentes para interceptar la caída de la fruta, recogiénola, limpiándola y cargándola. Permiten una recolección en continuo. El trabajo debe ser por pares. Es decir, dos equipos sacudidores actuando simultáneamente sobre el mismo árbol, uno por cada lado y avanzando en paralelo (Figura 13). (Castro *et al.*, 2018).



Figura 13. Sacudidores de copa en paralelo. Recolección de cítricos

- **Recogedoras de suelo y limpiadoras:** en el caso del nogal y otros frutos con cáscara resistente y de cierto tamaño se supone que el derribo se ha hecho con vibrador lateral y el fruto ha ido al suelo. En ese caso, hay un equipo que barre todo el fruto hacia el centro de la calle dejándolo hilerado. Otro equipo formado por recogedora limpiadora completa el trabajo y carga en los remolques el producto para su transporte a almacén.
- **Plataformas colectivas autopropulsadas:** Cuando el trato a la fruta obligue a su recogida manual, a fin de no recurrir a escaleras simples o encaramarse a las ramas, es posible la asistencia mediante las plataformas colectivas, donde a diferentes alturas se sitúan algunos operarios y al mismo tiempo permite el transporte de los envases de fruta (Figura 14).



Figura 14. Plataforma colectiva autopropulsada

Maquinaria para sistemas superintensivos SDH (calles de 3,5 a 4 metros)

Vale lo dicho con los cultivos intensivos para la preparación de la plantación, el mantenimiento de la cubierta vegetal, la poda y tratamientos. Si bien en la poda los equipos son más simples y de menor tamaño y para tratamientos es más interesante la pulverización hidráulica e incluso equipos zancudos que cabalgan sobre la plantación y cubren todo el material vegetal con economía de producto.

La recolección mecánica integral ofrece prácticamente dos soluciones:

- **La cosechadora cabalgante.** A imagen y semejanza del antecedente obrado por la vendimiadora con túnel de vareo para la cosecha de la uva, aparecida en nuestro país a mediados de los años 70, y que poco a poco obligó a modificar los sistemas de cultivo de la vid, ha ocurrido con muchas especies de frutales. Realmente, la vendimiadora con túnel de vareo es uno de los auténticos avances de la maquinaria agrícola en estos últimos 50 años a nivel mundial, y no es extraño que su exitoso sistema se haya extendido a algunos frutales, incluidos olivo y almendro (Figura 15), obligados también a modificar las plantaciones tradicionales.

En el túnel de la máquina zancuda, por donde pasa la hilera de plantas, se realiza un vareo en ambos lados del seto como en el caso de las vendimiadoras. La fruta desprendida es conducida a un cribado y limpia por aire, donde se eliminan hojas y otros restos vegetales, y depositada posteriormente en la tolva. Es una solución practicable en cultivos superintensivos y para frutos de pequeño y mediano calibre.



Figura 15. Cosechadora galopante en cultivo superintensivo de almendro

- **La cosechadora robot.** Uno (Figura 16) o varios brazos robotizados capturan el fruto detectado por el análisis de imagen aplicado sobre el plano de producción. Es una solución que cuida la fruta en el agarre, arranque y entrega. Incluso permite un reconocimiento individualizado del fruto que permita una clasificación por tamaño e incluso por su aspecto superficial (daños mecánicos, malformaciones, manchas, ...). Esta tecnología está pensada para aplicarla en cultivos con fruta cuasi esférica, de buen tamaño y resistente a la compresión como es el caso de la naranja, manzana, melocotón, granada, membrillo, ... y siempre que el cultivo no haya desarrollado un seto denso, pues tanto la precisión del análisis de imagen para detección del fruto, como la dificultad de acceso del brazo robot, hacen inviable su empleo.



Figura 16. Cosechadora-robot para frutales en superintensivo

- Cuando la recolección de frutos por su forma y dificultad de detección no son apropiados para una recolección robotizada y tampoco es aconsejable el uso de cosechadoras galopantes por el deterioro que pueda causar al producto fresco, **las plataformas colectivas** de asistencia, pueden utilizarse también en el cultivo superintensivo. No obstante, la menor altura de la plantación simplifica y reduce el tamaño de la plataforma pudiendo utilizar equipos arrastrados en lugar de autopropulsados.

4. Hacia un futuro próximo

4.1. Reestructuración de las explotaciones

La economía española ha sufrido en el año 2008 una grave crisis tras el desplome del **sector de la construcción** por el pinchazo de la llamada “burbuja” inmobiliaria. Ahora, en 2020, la crisis se agudiza sobre todo por el cese obligado de la actividad en el **sector turístico**, con la amenaza de la pandemia del Covid19.

En los últimos 20 años nuestro PIB se ha sustentado de forma prioritaria en esos dos sectores. Y es difícil suponer que puedan recuperarse a medio plazo e incluso alcanzar las cotas anteriores. Algo habrá que cambiar en el orden de las actividades económicas. Quizá sea un momento para dar más protagonismo a otros dos sectores que siempre han estado, pero que han quedado relegados al no actualizar en buena parte sus estructuras productivas o recibido la atención necesaria para su modernización. Esos son: la agricultura y la industria.

Desde ese punto de vista, y partiendo de la situación actual en lo que se refiere a la producción hortofrutícola habría que empezar por una reestructuración de gran parte de sus explotaciones para lograr una producción competitiva.

Ante la presión que sufre el agricultor por la limitación de precios de sus productos, así como por la calidad y oportunidad exigida, a partir de un mercado gobernado por grandes redes de distribución y transformación de alimentos, se hace necesaria esa reestructuración de las explotaciones. En muchas comarcas de la geografía española, donde el pequeño predio y la diversidad de modelos de producción son el denominador común, se ve limitada la gestión, el aprovechamiento y la comercialización de sus productos.

La reestructuración significa entre otros aspectos desarrollar planes **de concentración parcelaria** acompañados con una **mejora de su infraestructura**, tales como ampliación y actualización de la red vial y de la red hidráulica, dotación de centros de suministros y almacenamiento y talleres de servicios, entre otros.

Una vez conseguidas esas explotaciones bien dimensionadas y dotadas de infraestructuras adecuadas, los responsables de la gestión deben plantearse la **capitalización y modernización de su empresa hortofrutícola**, atrayendo capitales y recursos humanos debidamente formados. Además, es interesante que la empresa hortofrutícola pueda recurrir al servicio de **Grupos de campo profesionales**, con personal contratado estable y capacitado, que aporten maquinaria especializada y conocimiento de técnicas de cultivo, dispuestos a asumir con la mejor disposición

y vocación las tareas del campo. Ha habido algunos ejemplos en nuestro entorno. Son fórmulas que deberían apoyarse y extenderse. Es una cultura a tener en cuenta.

Si esas acciones, en las que claramente deberán involucrarse las tres Administraciones –Estado, Autonómica y Local-, llegasen a buen término, la evolución tecnológica de la hortofruticultura en lo referente a las actividades productivas y recursos de maquinaria podría estar garantizada

4.2. Retos para la mecanización en hortofruticultura

La globalización como fenómeno afecta también a los sistemas de la producción hortofrutícola.

Los planteamientos actuales que la Sociedad está estableciendo definen un nuevo escenario que en ciertas cuestiones afectan directamente a la mecanización hortofrutícola:

- Grandes parcelas de cultivo, flanqueadas de espacios libres para el desarrollo de la biodiversidad –arbolado, flora y fauna-. La máquina necesariamente deberá aumentar su tamaño y respetar el entorno
- Prácticas de conservación de suelos. La máquina, debe revisar sus útiles y herramientas de laboreo y justificar su empleo.
- Control y restricciones en la aplicación de agroquímicos. La máquina de aplicación de fitosanitarios y fertilizantes se verá sometida a una estricta reglamentación e inspección sobre el nivel de seguridad y calidad que ofrece en su diseño y funcionamiento.
- Calidad y sanidad de los productos cosechados. La máquina, desde la perspectiva de la mecanización se exige a las máquinas de recolección un buen trato al producto, lo que incluye precisión en el desprendimiento o cogida, esmero en la tría, limpieza y selección, y cuidados en el embalaje y transporte.
- Sistemas de información para reconocimiento puntual del potencial productivo del suelo y la trazabilidad del producto cosechado. La máquina debe dotarse de sensores, emisores y receptores para el seguimiento puntual de su trabajo. Medir lo que hace, emitir lo que ha hecho y conocer lo que ha de hacer en cada lugar y momento, es un avance decidido hacia la informatización del estado y trabajo de la máquina con su ordenador a bordo.

4.3. Las máquinas en la horticultura extensiva

Cabe distinguir dos grandes grupos en función del tipo de recolección

4.3.1. Cultivos de recolección masiva

La mayor parte de la horticultura se agrupa en torno al aprovechamiento masivo de sus cosechas y al procesamiento industrial en distintos grados, bien productos congelados, troceados, pelados, zumos, deshidratados, etc. Al tener que sufrir esas transformaciones y cambios para su conservación los posibles daños o desigualdades en el producto cosechado por una recolección mecánica masiva importan menos. Este es el caso de la patata, de la cebolla, del ajo, de la zanahoria, del tomate para industria, del guisante verde, judía verde, y maíz dulce para congelados, y de muchas raíces, tallos y hojas por su tratamiento posterior.

También aquí se pueden incluir algunos cultivos de plantas aromáticas - lavanda, espliego, lavandín, romero, tomillo, ...- y quizá alguna más de aprovechamiento como condimento anís,

pimiento para pimentón, lúpulo, azafrán, o medicinales, que puede adquirir relevancia económica y fomentar el desarrollo rural. Desde la **Asociación de Productores de Plantas Aromáticas y Medicinales (ANIPAM)** se reconoce que se trata de un sector con una producción atomizada, casi inexistente en muchas regiones, por lo que apuestan por el cultivo tecnificado, que puede ser una alternativa rentable y sostenible frente a la recolección silvestre (Figura 17).



Figura 17. Cosecha de lavanda con segadora cargadora

Para estos cultivos y destinos el **parque de máquinas** se potenciará con las últimas mejoras y modificaciones que ha logrado el sector industrial e informático. Las capacidades de trabajo irán en aumento, los materiales se aligerarán, la regulación de los órganos de trabajo será más precisa y amplia, los puestos de trabajo aumentarán su confort y dispondrán de mayor control sobre el trabajo de la máquina - guiado, rendimiento, estado del suelo y de la cosecha, nivelaciones, consumo y operaciones de llenado y vaciado de tolvas, etc.

En el caso de los equipos de fertilización, siembra y tratamientos, al disponer ya de mapas de suelo que informan sobre su estado y potencial productivo, podrán dotarse de reguladores de flujo de producto o semilla según las zonas de terreno en que se encuentren, o el estado y densidad del cultivo que haya en cada punto. Para algunos tratamientos, los drones pueden ser un recurso mecánico eficiente de distribución de producto fitosanitario y menos agresivo que un equipo terrestre si se trata de cultivos densos en pleno desarrollo o cuando el estado del suelo desaconseje su paso.

En el caso de la maquinaria de recolección, la incorporación generalizada de sensores permitirá disponer de información en tiempo real sobre la cantidad y calidad del producto recogido en cada punto y momento actuando en consecuencia y registrando en el historial de trabajo esos datos.

En todos los casos, se insiste en la importancia del operador de la máquina. Su formación técnica y experiencia es fundamental para un resultado óptimo. La especialización del puesto de trabajo lo exige. También es necesario atender puntualmente las operaciones de mantenimiento de las máquinas a lo largo de todo el ciclo, tanto en periodo operativo como en periodo de reposo. La presencia de pequeños talleres ambulantes a pie de parcela, así como la organización de

vehículos de transporte de cosecha, para atender una o varias cosechadoras durante la campaña pueden prevenir largas interrupciones por avería o por espera que son desastrosas en esos momentos.

4.3.2. Cultivos de recolección escalonada y acondicionamiento de cosecha

Aquí se agrupa el resto de cultivos extensivos cuyo producto se destina a mercado fresco y ven necesario realizar varias pasadas de recolección selectiva dada la diferencia de desarrollo entre los órganos aprovechables de la planta, sean frutos (melón, sandía, tomate, pimiento, ...), inflorescencias (coliflor, brócoli, alcachofas, ...) hojas (lechuga, coles, ...).

El parque de máquinas solo difiere del caso anterior en la maquinaria de recolección y transporte. Nos remitimos a lo ya comentado con la maquinaria de asistencia en un primer tiempo. No obstante, en algunos casos ha habido intentos de **recolección mecánica selectiva** que reemplazarían el trabajo manual de coger el producto. Es el futuro que cabe apuntar para estos cultivos. El reconocimiento objetivo de saber si el producto debe o no cogerse y la forma de operar son los dos retos para el desarrollo de esta maquinaria futurista.

En lo que se refiere al **acondicionamiento del producto en campo**, ante la perspectiva de explotaciones con grandes parcelas y las ventajas ya comentadas en el apartado 3.5.10. sobre dicho acondicionamiento, se considera que las grandes plataformas de confección persistirán asemejándose a auténticos almacenes de confección, pero ahora móviles.

4.4. Instalaciones y equipamiento para cultivos intensivos de alto valor económico

Actualmente son los **invernaderos** los que responden a este modelo de producción. Sus sistemas ya gozan de equipamiento avanzado para climatización, aportación de agua, nutrientes y fitosanitarios, manejo de sustratos y semilleros, control del cultivo y recogida de productos, programación informática de operaciones, y seguimiento y gobierno del invernadero a distancia

En el futuro, a medio plazo, no debe sorprender que se implante y generalice el llamado **cultivo vertical**. Se trata de un avance con respecto al invernadero.

En el cultivo vertical las plantas quedan confinadas en una esbelta estructura vertical cerrada y dispuestas en niveles de bandejas o contenedores, formando torres con movilidad entre sus pisos (Figura 18).



Figura 18. . Interior de un edificio de cultivo vertical, en USA

Aprovechando gran parte de la tecnología desarrollada en los invernaderos, se añaden ahora nuevos elementos: la aeroponía y la iluminación artificial absoluta. Se obtienen ventajas como son mayor productividad, mayor uniformidad y calidad del producto, disminución de daños por ataque de patógenos y eliminación del riesgo por mal tiempo climatológico, entre otras.

Es un desafío a la agricultura tradicional, sin tierra, sin luz solar, sin riego, sin depender de la climatología y con mínimo impacto medioambiental. En definitiva, con el cultivo vertical no hay prácticamente límites para la producción de alimentos más allá de las reservas energéticas y de nutrientes. Ni la escasez de agua ni la climatología ni la falta de espacio serán restricciones

Según se anuncia con estos sistemas la producción por unidad de tiempo y unidad de superficie del edificio climatizado puede multiplicar por 300 veces la obtenida en huertos horizontales tradicionales.

La **condición técnica** que permitiría la implantación del atractivo sistema de cultivo vertical, es que se dispusiera de: **“fuente de energía de bajo coste”**. En aquellos lugares donde el clima es poco favorable para el cultivo exterior, el umbral será mayor, lo que facilita la implantación del sistema. En otros casos se irá implantando en la medida que se consiga el abaratamiento de la energía. ¡Tiene que llegar!

4.5. La máquina en la fruticultura

Desde la experiencia reciente de los sistemas intensivos y más interesante los superintensivos, cabe pensar que en un futuro serán estos los sistemas dominantes de las explotaciones frutícolas. La reestructuración apuntada en el apartado 4.1 facilitará su implantación.

Por tanto, para la maquinaria los retos serán, por un lado, mejorar los parámetros (frecuencia, amplitud y dirección) en los procedimientos de derribo del fruto por túnel de vareo de la **cosechadora galopante**, o por **sacudidores de copa**, ajustándose al estado y uniformidad de la maduración en cada momento y de la estructura del árbol.

Por otro lado, la **cosechadora-robot** aplicada sobre determinados cultivos será la realidad más evidente en los próximos años.

Bibliografía

Bueno, J.; Expido, J. (2006) Mecanización del cultivo de la patata. *Horticultura*, 193:12-19.

Castro, S.; Sola, R.; Guirado, G.; Blanco, J.; Gil, J. (2018) Sistemas sacudidores de copa laterales para la recolección mecanizada de cítricos con destino industria. *Interempresas Horticola*

Gascón, J. (1934) *Agricultura Española*. Madrid: Dirección General de Agricultura. Madrid

GIL, J.; Gracia, C. (1979) Estudio de la eficiencia de transmisión de vibraciones en la estructura de los olivos. *Anales INIA*: 95-117

Gracia, C.; Palau, E. (1983) *Mecanización de los cultivos hortícolas*. Madrid: Editorial Mundi Prensa ISBN: 84-7114-132-9

- Gracia, C.; Bernad, J. (1988) Carretillas autopropulsadas: un elemento que se introduce en la recolección de cítricos. *Fruticultura profesional*, 14: 61
- Gracia, C. (1991) Maquinaria de siembra y plantación para cultivos hortícolas *Máquinas y tractores*,10: 50-57.
- Gracia, C. (1993) Mecanización de la colocación de plásticos. *Horticultura*, 3: 36-40.
- Gracia, C. (1993) Mecanización del cultivo y recolección del ajo. *Máquinas y tractores* 6: 56-60.
- Gracia, C. (1999) Maquinaria de asistencia para la recolección de los cultivos hortícolas. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ISBN 84-491-0417-3
- Gracia, C. (2003). Mecanización del cultivo de guisante verde. *Horticultura*,173: 52-61.
- Gracia, C. (2007). Ensayos de daños mecánicos en patata temprana. Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Albacete. Acta SECH pp 250-255
- Jaren, S.; Arazuri, P.; Arnal, Arana, I. (2004). Recolección mecánica del tomate. *Horticultura*, 44: 26-33.
- López, J.; Gracia, C (1979). Modelización del subsistema pedúnculo-fruto del olivo. *Anales INIA*: 119-153
- ROMA (2019). <https://servicio.mapama.gob.es/regmaq/buscar.wai>. Acceso: 6 de febrero de 2021
- Torregrosa, A. (2004). Mecanización del cultivo de espinaca. *Horticultura*, 174: 50-55.

Del Primer Arado de Vertedera al Tractor Autónomo – Un camino de Innovación en el Sector Agrícola

Todo aquel ligado al sector agrícola conoce la posición de **JOHN DEERE** como líder indiscutible mundial (y nacional) en maquinaria agrícola. No solo en la venta de equipos sino también **en la transformación tecnológica** del sector. Nos podemos remontar a los **inicios de la compañía**, cuando en **1837** nuestro fundador desarrolló una revolución: el arado de vertedera auto-limpiable que permitía a los agricultores norteamericanos trabajar con su yunta de bueyes sin necesidad de parar cada pocos metros a retirar del arado el pegajoso terreno del medio oeste. Casi 200 años después, John Deere vuelve a hacer historia lanzando el primer **tractor autónomo** del

mercado que verá la luz en el mercado americano a finales de 2022.

Entre estos dos hitos hay muchos años de distancia y muchas horas de I+D, pero comparten la filosofía de John Deere: **una agricultura más sostenible, desde el punto de vista social, económico y ambiental**. Este liderazgo innovador se basa en la combinación de **desarrollo orgánico y la adquisición de empresas punteras** que complementan nuestro propio desarrollo, y la integración de nuestros sistemas con otros que permiten aflorar sinergias para el agricultor.



Piloto del tractor autónomo John Deere sobre la base de un modelo de la serie 8R

De un líder en maquinaria agrícola a un líder tecnológico

John Deere creó su propia división de **Agricultura de Precisión** hace más de 25 años. La visión de la compañía ya estaba ahí: la agricultura de precisión iba a jugar el papel por excelencia en el futuro del agro. Hoy nuestros centros de innovación propios están dedicados a crear valor económico para el cliente, es decir, aumentar los rendimientos agrícolas y/o reducir los costes de producción.

Esto se extiende a multitud de soluciones para el agricultor: receptores, monitores, software, controladores, automatismos, válvulas, sensores y por supuesto la plataforma gratuita de gestión **Operations Center**, que permite documentar todas las tareas que se llevan a cabo en el campo, facilitando la toma de decisiones para mejorar la rentabilidad de la explotación. Esta tecnología genera un efecto multiplicador cuando se utiliza con maquinaria John Deere de eficiencia comprobada para labores hortofrutícolas, como nuestra serie 5M, 6M o 6R. En una misma aplicación, disponible gratis en el Apple Store, se lleva el control de todos los campos, parcelas, máquinas, tareas, aplicaciones, etc. Desde las tareas más básicas, como la documentación del cuaderno de campo, hasta lo más sofisticado que se pueda necesitar.

Máquinas inteligentes y conectadas

En España y Portugal vemos que la **digitalización** a través de la **gestión del dato**, la **conectividad** y la **automatización** son una realidad. John Deere cuenta con más de 8.000 máquinas conectadas y casi 1 millón de hectáreas documentadas en el Operations Center. Este es nuestro presente: máquinas conectadas que a través de la tecnología están captando datos del campo y enviándolos a una plataforma de gestión llamada **Operations Center** que permite el amasado de los datos para tomar mejores decisiones agronómicas, siendo capaces de aumentar los rendimientos, reducir los costes de producción y en consecuencia ser **más rentable y sostenible**.

Y nuestro futuro ya no es la autonomía, ya que en el 2022 será una realidad. **John Deere ha presentado el primer tractor autónomo de la industria**. Permite llevar a cabo labores agrícolas

Otro ejemplo de Desarrollo Orgánico es la tecnología **"See & Spray"**, que ha ganado el premio a la mejor innovación en Robótica en el **CES (Customer Electronic Show)** de Las Vegas (EEUU) en 2021. La solución permite, mediante tecnología de "machine learning", cámaras y robótica, distinguir la planta de la mala hierba y aplicar individualmente la cantidad exacta de productos químicos en el sitio y momento adecuado. Ser galardonado en un evento como el CES, donde compartimos espacio con las grandes multinacionales tecnológicas como Google, Amazon, Apple, Samsung, etc., coloca a John Deere como una **empresa tecnológica líder**.

En cuanto a la adquisición de terceras empresas líderes en el sector, podemos destacar algunas como **Blue River, BearFlags Robotics, Keisel Electric**, etc. Todas ellas un gran complemento para hacer llegar al cliente una tecnología que permita producir más, con menos. La tercera pieza del puzzle para apuntalar a John Deere como líder en la transformación tecnológica de la agricultura es la **integración del Operations Center con terceras plataformas** como Agroptima, SatAgro, Auravant y Visual, para sacar máximo partido al dato recogido en el campo.

sin operario en la cabina, con cientos de sensores y más de una decena de cámaras rodeando el tractor para detectar obstáculos en 360 grados. Las imágenes capturadas procesan cada píxel en aproximadamente 100 milisegundos y los procesadores deciden si la máquina debe detenerse o continuar. El agricultor simplemente tendrá que transportar la máquina al campo y configurarlo para que funcione de manera autónoma. Utilizando el **Operations Center**, desde su móvil podrá controlar el tractor: velocidad de trabajo, profundidad de la labor y cualquier anomalía, será informada de manera inmediata al agricultor.

Con el reciente lanzamiento de la estrategia de compañía **Smart Industrial** John Deere acelerará la implantación de las nuevas tecnologías, a través de una red de Concesionarios grandes y

profesionales, capaces de llevar al terreno toda la tecnología desarrollada por la marca. Según la definición de Smart Industrial, “**John Deere desarrollará máquinas inteligentes y conectadas, así como sistemas y aplicaciones que permitan revolucionar los sistemas de producción para generar valor económico para el cliente**”. Y no hay mejor ejemplo que el tractor autónomo, que se convertirá en un hito histórico de la humanidad al permitir dar un gran salto en la automatización de las labores agrícolas. Y lo que nos queda aún por ver....



JOHN DEERE

Ctra. de Toledo, km. 12.200

28905 GETAFE (MADRID)-ESPAÑA

Tel.: +34 914 95 82 00

marketing3@johndeere.com

<https://www.deere.es/>



El tractor 6R-250 de John Deere es uno de los últimos modelos en salir al mercad

6R

SERIE

6R 150

177 (130)

Potencia máx. con GESTIÓN
INTELIGENTE DE POTENCIA
(ECE-R120) CV (kW)



**GO SMART,
DO MORE**

El NUEVO 6R150 transformará tus trabajos con la pala cargadora frontal gracias al sistema de pesaje dinámico. Precisión total sobre la marcha. Añade el retorno a posición y la autonivelación horizontal de la pala cargadora junto con la bomba hidráulica de 155 l/min para obtener el máximo aumento de la productividad.



JOHN DEERE

NOTHING RUNS LIKE A DEERE



6120M – TRACTOR DEL AÑO 2022*

EN LA CATEGORÍA DE MEJOR TRACTOR UTILITARIO COMPACTO

En el certamen de este año de los prestigiosos premios internacionales Tractor del Año, el 6120M AutoPower™ ganó en la categoría de mejor tractor utilitario compacto, obteniendo una alta puntuación por su diseño compacto y capacidad de maniobra, una gran carga útil de 4,7 toneladas, las últimas funciones de agricultura de precisión y su excelente idoneidad para trabajos con la pala cargadora frontal.



JOHN DEERE

NOTHING RUNS LIKE A DEERE

5M

UNO PARA TODO

Sus reconocidas características de rendimiento, su elevada carga útil y el complemento perfecto para trabajos con la pala cargadora frontal han conseguido que el 5M alcance la máxima popularidad en el segmento de tractores de 75-100 CV. Cualquier cosa que necesites hacer, considérala acabada.



JOHN DEERE

NOTHING RUNS LIKE A DEERE

5G



JOHN DEERE

NOTHING RUNS LIKE A DEERE



A TU MEDIDA

Hemos diseñado la serie 5G para ofrecerte los resultados que buscas: una cosecha perfecta que permite obtener un producto de primera categoría. Tu tractor 5G cumplirá tus expectativas, destacando en potencia, versatilidad y comodidad en todo momento donde quiera que lo pongas a prueba. En un 5G, estarás preparado para más.

2.15. Robótica móvil para la producción agraria

Francisco Rovira Más* y Verónica Saiz Rubio

* frovira@dmta.upv.es

Universitat Politècnica de València

Índice

1. Introducción a la robótica agrícola
2. Estado actual en un entorno global
3. Automatización de las labores del suelo, siembra y plantación
4. Robots para la eliminación de malas hierbas con actuadores mecánicos
5. Robots para la eliminación de malas hierbas con aplicadores de productos fitosanitarios
6. Robots para pulverización hidroneumática en árboles
7. La robotización de la poda
8. La monitorización en campo con robots: agricultura basada en datos
9. La recolección robotizada
10. Epílogo

Resumen

Tras varias décadas de mejoras progresivas, la robótica agrícola ha dado un salto cualitativo en los últimos cinco años. Cada vez vemos más conferencias o revistas especializadas, mejores prototipos, más empresas tecnológicas ofreciendo soluciones para automatizar labores agrícolas convencionales, y varios índices económicos que demuestran que la robótica móvil es una economía creciente. Este capítulo repasa los principios fundamentales de la robótica agrícola, haciendo hincapié en los retos a los que esta debe hacer frente en el siglo XXI, en particular la necesidad de una mayor eficiencia productiva para atender a una población creciente sin dejar de ser sostenibles, el envejecimiento de la población rural, especialmente los agricultores profesionales en gran parte de países industrializados, y el siempre creciente aumento de los costes productivos sin que haya un aumento paralelo de los precios de venta en campo. También se ofrece a lo largo del capítulo una selección representativa de varias soluciones actuales que proporcionan una visión del estado en el que se encuentra esta disciplina en estos momentos, y finalmente se introduce al lector en una reflexión sobre las implicaciones sociales y económicas que la adopción de estas nuevas tecnologías digitales puede tener en el sector agrario, en concreto acerca de la no siempre bien entendida relación entre la introducción de robots en un sector productivo y la tasa de desempleo.

1. Introducción a la robótica agrícola

Puede resultar extraño, aunque cada vez menos, que dediquemos un capítulo de esta colección a hablar de robots para el campo, pero si analizamos las publicaciones científicas, sesiones en congresos, novedades en ferias y las notas de prensa difundidas por empresas líderes del sector durante la última década, encontramos a la robótica como protagonista junto a temáticas afines como la agricultura de precisión, la digitalización y la inteligencia artificial. Pese a las ideas preconcebidas que residen en nuestra memoria, la mayor parte de ellas provenientes del cine y la literatura, definir lo que es un robot no resulta nada fácil. Según Jordan (2016), hay tantos tipos y formas de robots que no ha sido posible llegar a un enunciado universal, siendo muchas las definiciones, y gran parte de ellas basadas en la aplicación particular del que las define. Sin embargo, sí es posible llegar a un consenso en el que podemos hablar de máquinas avanzadas con la facultad de percibir el entorno con sensores, procesar esa información sensorial para tomar decisiones, y ejecutar acciones mediante diversos actuadores. Es, por tanto, necesario, afinar un poco más en el concepto de robot agrícola tal como lo vamos a entender en este capítulo.

A pesar de que ha habido muchos intentos a lo largo de la historia para automatizar mecanismos, baste como ejemplo el fascinante ingenio de Ramón Llull en el siglo XIII para mecanizar el razonamiento mediante sus ruedas lógicas (Russell y Norvig, 2003), los primeros robots, tal como los entendemos hoy en día, hicieron su aparición en los años cincuenta para la industria automovilística, solicitándose la primera patente en 1954 y concediéndose en 1961. Estos inventos pioneros de la robótica eran máquinas estáticas que operaban en entornos cerrados y seguros, y que basan su funcionamiento en la repetición precisa de una rutina de trabajo. Sin embargo, la producción agraria mayoritariamente ocurre en entornos abiertos y amplios donde el desplazamiento de los vehículos es una necesidad. Es obvio que los robots industriales de las cadenas de montaje ofrecen ventajas muy limitadas en agricultura, a excepción de casos concretos en invernaderos o viveros donde brazos robóticos se han utilizado para trasplantar o injertar plantas, como por ejemplo crisantemos y geranios (Kondo *et al.*, 2011), pero hay un tipo de robot estático que merece mención aparte por ser el robot más extendido en el entorno rural: el robot de ordeño. Aun así, los robots de ordeño suponen un caso muy particular dentro de la producción agropecuaria, y el hecho de que permanezcan inmóviles elimina gran parte de los retos a los que se enfrentan los robots de campo, objetivo de este capítulo. Por tanto, vamos a entender la robótica agrícola como la siguiente etapa dentro de la mecanización agraria, por la cual al necesitar las máquinas agrícolas ser más eficientes y no poder aumentar su tamaño, tienen que ser más *inteligentes*. Pero, ¿qué significa ser inteligente cuando nos referimos a un ente inanimado? He aquí un término omnipresente que puede generar bastante confusión entre neófitos cuando lo aplicamos fuera del entorno humano, donde se da la inteligencia verdadera, pero que en nuestro caso particular podemos enunciar sin que quede atisbo de ambigüedad. Una máquina o vehículo inteligente, como lo es un robot, es una máquina dotada de técnicas de *inteligencia artificial* con el objetivo de *automatizar* algunas de sus funciones primordiales. Este grado de automatización puede ser ligero, como el seguimiento del brazo de descarga de una cosechadora para no desparramar grano fuera del remolque recolector, o sofisticado, como el guiado automático de un tractor en una parcela de contorno irregular. La inteligencia artificial es una disciplina que se inició en los años cincuenta del siglo pasado y hoy en día está bien asentada, con infinidad de aplicaciones útiles para controlar vehículos agrícolas, como por

ejemplo el filtro de Kalman (Rovira-Más y Han, 2006), o la lógica difusa (Rovira-Más y Zhang, 2008), técnica especialmente interesante ante la incertidumbre creada por el inevitable ruido presente en la lectura de sensores funcionando en un entorno físico y no virtual (Jordan, 2016). Tras dos décadas de frustración en los años ochenta y noventa del siglo XX, la robótica agrícola al fin parece que se está convirtiendo en una realidad, impulsada por una parte por el desarrollo tecnológico –sensores y procesadores mucho más potentes y asequibles–, y por la otra por los grandes retos a los que se enfrenta la producción agraria en el siglo XXI, y que veremos en detalle en el siguiente apartado. Como hemos comentado anteriormente, la robotización es el último eslabón –por ahora– en la cadena de la mecanización, y en estos momentos, a tenor de lo que propone la Unión Europea, constituye el avance desde la Agricultura 4.0 a la Agricultura 5.0 (Saiz-Rubio y Rovira-Más, 2020).

2. Estado actual en un entorno global

En la irrupción de la robótica en agricultura deben considerarse dos fuerzas contrapuestas: por un lado, la *oferta* tecnológica de un conjunto de componentes y algoritmos cada vez más accesibles; y por el otro, la presión constante de un sector con importantes problemas estructurales que *demandan* soluciones para producir alimentos de manera sostenible. Aunque no es posible predecir el futuro con certeza, la experiencia parece indicar que la adopción de nuevas tecnologías va a depender más de la demanda que de la oferta, ya que por muy accesible que llegue a ser una tecnología, ésta se adoptará en la medida en que resuelva problemas y mejore la situación existente. Un sistema de mayor complejidad que no resuelve un problema o aporta una mejora sustancial, difícilmente será adoptado por una mayoría, que en general tiende a buscar la máxima rentabilidad en su desarrollo profesional. En este sentido, resulta fundamental analizar los retos a los que la producción agraria se enfrenta en la actualidad, y en qué medida se les puede hacer frente desde el punto de vista de la robótica y la agricultura digital. Estos retos los podemos englobar en tres desafíos:

Desafío 1: Aumento de la población mundial y creciente demanda de carne

Según Foley (2014), la población mundial en el año 2050 aumentará un 35 % hasta alcanzar 9.500 millones de habitantes, con mayor concentración en Asia y África. Sin embargo, este incremento poblacional del 35 % irá ligado a un incremento en la cantidad de alimentos del 100 %, lo que implica duplicar los 9.500 millones de toneladas de alimentos que se producían en 2014 cuando alcancemos la mitad del siglo XXI. La respuesta convencional en el siglo XX a esta necesidad de mayor producción, por parte de la mecanización agraria, hubiera sido aumentar el tamaño y potencia de las máquinas, pero esto ya no es viable debido a las siguientes razones. En primer lugar, máquinas más voluminosas de las que se utilizan en la actualidad –pensemos por ejemplo en cosechadoras o empacadoras– presentan dificultades prácticas para circular por caminos rurales y carreteras secundarias. En segundo lugar, máquinas más grandes requieren mayores potencias, lo que entraña dificultades para enormes motores diésel a la hora de cumplir las normativas de emisiones, especialmente en Europa (EURO) y en EEUU (TIER). Finalmente, los vehículos extremadamente pesados compactan los suelos agrícolas y comprometen la sostenibilidad a largo plazo del suelo. En consecuencia, si hay que duplicar la cantidad de alimentos, pero la maquinaria ya no puede crecer más en tamaño, tendrá que hacerlo en

inteligencia para aumentar la eficiencia y satisfacer esta demanda, lo que nos lleva a la introducción en el campo de la robótica y otras tecnologías digitales afines.

Desafío 2: Envejecimiento del agricultor profesional

Los países industrializados como Japón, EEUU, y gran parte de los estados europeos se enfrentan en la actualidad a un grave problema de sostenibilidad a la hora de garantizar la producción que requiere su sector primario, siendo una de las principales causas la falta de renovación generacional al escasear los profesionales jóvenes. La media de edad del agricultor estadounidense en 2007 era de 57 años (John Deere, 2010), y en 2014 ya había siete agricultores mayores de 65 años por cada agricultor por debajo de los 35 años, que representan el 6 % de los agricultores en EEUU cuando en 1982 era el 16 % (Stone, 2014). Los 35 años es una edad de referencia, ya que se trata de un agricultor con experiencia, pero con la edad adecuada para introducir nuevas tecnologías en el campo. En Europa, lamentablemente, la situación no es más halagüeña. En España sólo el 3.7 % de los agricultores profesionales tiene menos de 35 años (Fresh Plaza, 2017), y en 2013 había 13 agricultores mayores de 65 años por cada agricultor menor de 35 años (figura 1). La Figura 1 (Eurostat) establece una comparación para el año 2013 entre el número de agricultores profesionales de varios países europeos con menos de 35 años (a), y los que superan los 65 (b), edad que en muchos países equivale a la edad de jubilación.

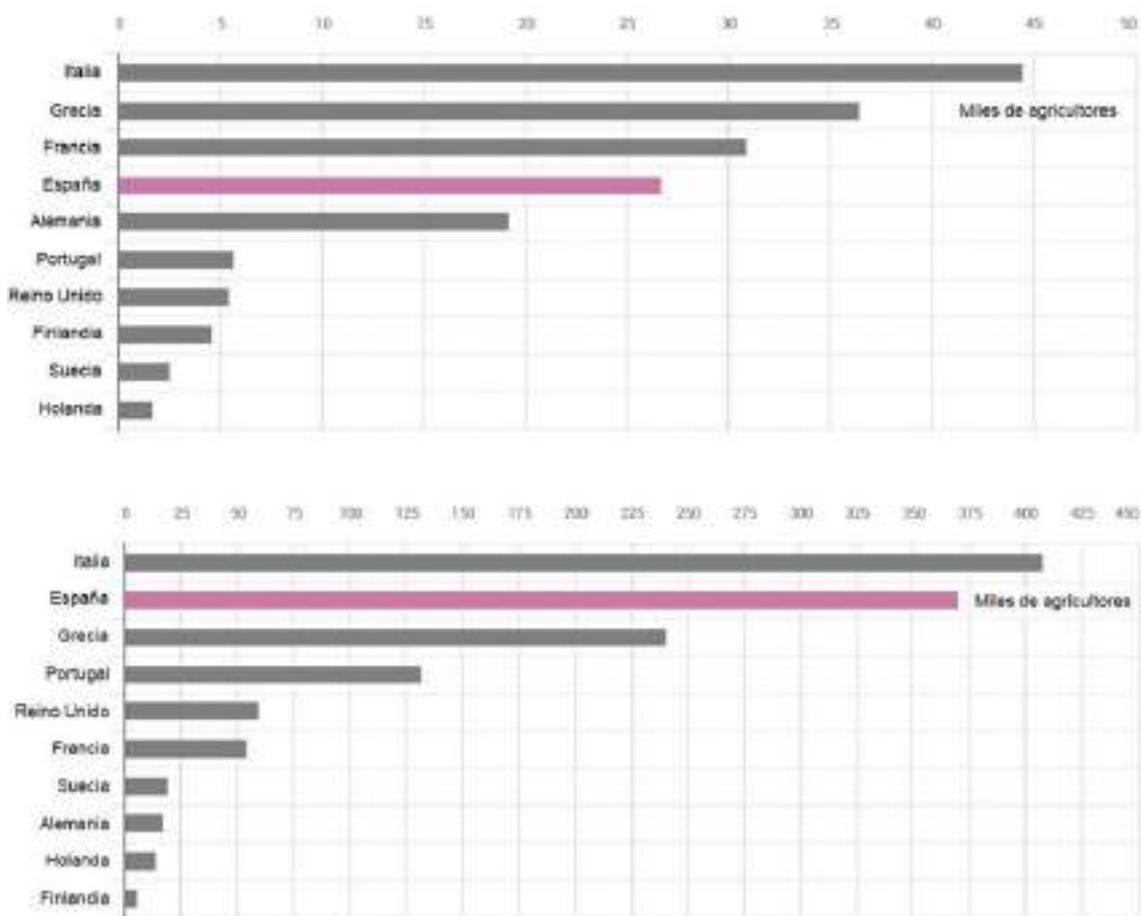


Figura 1. Envejecimiento del sector agrícola en Europa: a) Agricultores por debajo de los 35 años; b) Agricultores con más de 65 años. Fuente: Eurostat

Desafío 3: Costes productivos cada vez más elevados

Los costes de mano de obra requeridos para la producción de fruta en EEUU suponen entre el 40 % y el 60 % del total de costes productivos (Burks, 2008), y en Europa la situación no difiere mucho. Además de la mano de obra, los agricultores necesitan combustible para la maquinaria, semillas de buena calidad y productos fitosanitarios que, al estar sometidos cada vez a mayores restricciones de uso por motivos medioambientales, especialmente en Europa, acaban alcanzando precios muy elevados. Todos estos costes han estado creciendo en las últimas décadas mientras el precio percibido por el agricultor por su cosecha ha permanecido estancado, o incluso ha descendido, lo que ha llevado a tasas tan bajas de rentabilidad que han derivado en el abandono de la actividad agrícola, y la falta de interés por parte del sector más joven de la población activa. Es el caso, por ejemplo, de las explotaciones cítricas en el levante español. La Figura 2 establece una comparación de la evolución del precio de venta en España para cítricos y uva de mesa. La gráfica demuestra que durante los primeros 20 años de este siglo, el precio de naranjas y mandarinas se ha mantenido invariable mientras que la uva de mesa ha ido incrementando su valor de forma constante. Este crecimiento es necesario porque el precio de la mano de obra, combustible, fertilizante, y productos fitosanitarios ha subido durante estas dos décadas; sin embargo, el estancamiento de los cítricos ha puesto al sector cítrico español contra las cuerdas, y más si tenemos en cuenta que este estancamiento arranca ya desde las últimas décadas del siglo XX.

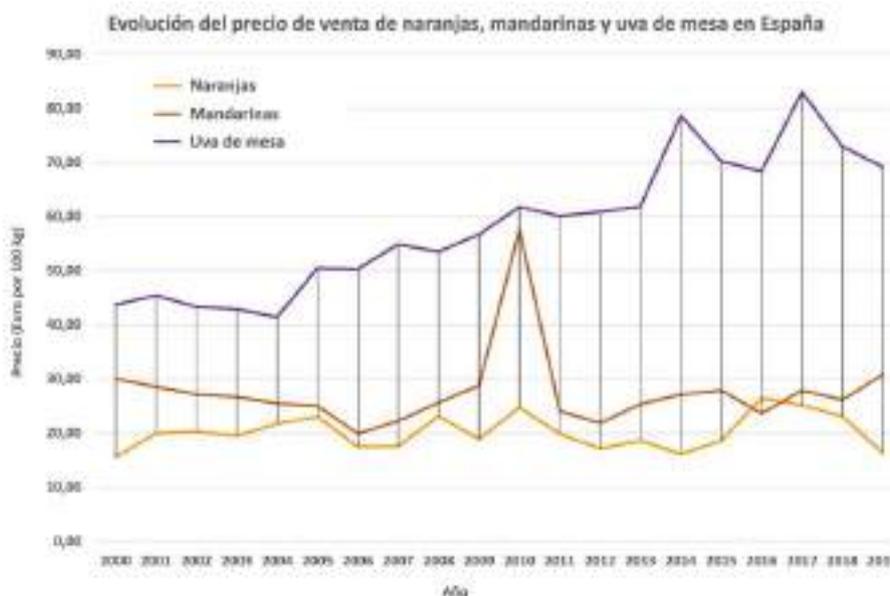


Figura 2. Evolución de precios de venta en España para cítricos y uva entre 2000 y 2019

Fuente: Eurostat

Hacer frente a los desafíos anteriores requiere dar un salto tecnológico cualitativo, lo que se conoce como introducir tecnologías disruptivas que permitan un cambio sustancial en la manera de producir alimentos. La invención del motor de combustión y el sucesivo desarrollo de la mecanización agraria a principios del siglo XX supusieron un salto tecnológico disruptivo, y la revolución verde de los años cincuenta del siglo pasado también. La nueva tecnología disruptiva con la que se inició el siglo XXI probablemente sea la *agricultura digital*, que engloba la agricultura de precisión, la robótica agrícola, y las tecnologías de la información y las comunicaciones.

2. Tecnología de producción

Puesto que hemos situado a la robótica agrícola como la vanguardia tecnológica de la mecanización agraria, cabe esperar que los grandes fabricantes de maquinaria inviertan recursos y promuevan este salto tecnológico. Por tanto, debemos identificar quiénes son estos actores principales y cuál es su cuota de mercado. La Figura 3 representa gráficamente la cuota del mercado de maquinaria agrícola en el año 2017. En términos económicos, sólo para dar una idea del tamaño de estas corporaciones, los ingresos declarados en 2017 por John Deere fueron 29.738 millones de dólares, para CNH fueron 27.947 millones de dólares, para AGCO 8.307 millones de dólares, y para Kubota de 1,75 billones de yenes (VMI, 2018).

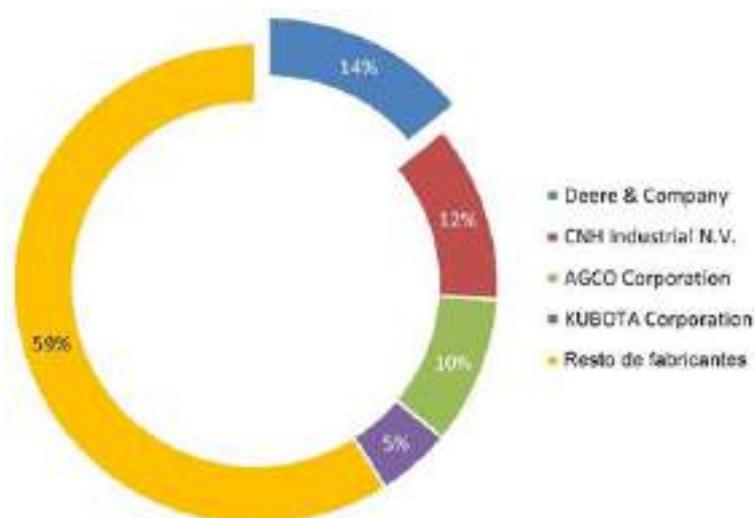


Figura 3. Cuota de mercado en 2017 para fabricantes de maquinaria agrícola (VMI, 2018)

El paso inmediato, y más rentable, para avanzar hacia una mecanización robotizada consiste en introducir comportamientos inteligentes en máquinas ya existentes, y que han demostrado un funcionamiento excelente ante la dureza de las condiciones físicas existentes en el campo agrícola. Esta “robotización” evita tener que empezar a diseñar la máquina desde cero, y en la práctica equivale a automatizar funciones básicas en tractores y cosechadoras, como por ejemplo el guiado automático y otras tareas repetitivas para el operario, que por el momento debe permanecer presente en la cabina por razones de seguridad. En febrero de 2018, CNH presentó un proyecto piloto en colaboración con la bodega californiana E. & J. Gallo, una de las más grandes del mundo, para evaluar el sistema de navegación autónomo NHDrive acoplado a su tractor frutero New Holland T4.110F, representado en la Figura 4.a). Con esta colaboración se buscaba caracterizar la respuesta del operario y el beneficio agronómico derivado de su uso en las tareas habituales de manejo del viñedo, como variables de diseño en futuros modelos que incluyan un alto grado de automatización. Este proyecto forma parte del programa de modernización *New Holland Autonomous Vehicle Program* para el desarrollo de soluciones avanzadas. Por otro lado, la firma nipona Kubota presentó su tractor totalmente autónomo (Figura 4.b) en la feria internacional Agritechnica 2017 (Hanover, Alemania), como solución al desafío que supone la falta de mano de obra agrícola por el envejecimiento de la población rural en Japón. El Agri Robo (Figura 4.b), desarrollado a partir de un tractor de la Serie L, incluye sensores, cámaras y un sistema programable para representar mapas, permitiendo a los agricultores programar las tareas de antemano y “enviar al tractor para que las realice”. Kubota propuso una tirada comercial limitada para el año 2018 sólo en Japón, ya que la mayoría de países no cuentan todavía con la legislación adecuada para su uso. La presión a la que está

sometida la agricultura japonesa hace que haya gran interés en la automatización, aligerando barreras legales para la puesta en mercado de soluciones robotizadas. De manera similar a Kubota, el fabricante japonés Yanmar, que mayoritariamente opera en Japón, anunció en febrero de 2021 (<https://agrotecnica.online>) varias actualizaciones de su serie de tractores autónomos, capaces de trabajar con autonomía total o parcial. Las nuevas versiones están preparadas para salir a la venta en Japón a partir del 1 de abril de 2021, e incluyen cuatro modelos comprendidos entre los 88 CV y los 113 CV. La Figura 4.c) muestra su buque insignia, el modelo 5113A de 113 CV.



Figura 4. Robotización de vehículos convencionales: a) Tractor New Holland T4.110F; b) Tractor autónomo Agri Robo de Kubota; c) Tractor robot 5113A de Yanmar

Aunque un primer paso hacia la digitalización ha sido dotar los equipos de última generación con sensores y ordenadores para registrar información y automatizar operaciones (Figura 4), los grandes fabricantes no escapan a la tentación de desarrollar y presentar en público prototipos conceptuales, prueba del liderazgo que ostentan en el sector. Se trata de vehículos autónomos sin puesto de conducción, en su mayor parte del mismo tamaño que un tractor convencional, y que sirven para demostrar capacidades tecnológicamente avanzadas. Al tratarse de pruebas de concepto, son vehículos que no están preparados para su inserción en el mercado, y por tanto no son todavía vehículos comerciales. La Figura 5.a) muestra uno de los primeros prototipos de tractor autónomo sin cabina desarrollado por John Deere en 1997, concepto que no tuvo continuidad por adelantarse demasiado a su tiempo. No obstante, el tractor demostró que es posible pulverizar una parcela de manera autónoma para evitar el impacto de los productos fitosanitarios sobre los operarios. La Figura 5.b) presenta el prototipo estrella de la marca CNH, un tractor sin cabina basado en el modelo Case Magnum y desarrollado en 2016. Igual que ocurre con el caso anterior, a pesar de los buenos resultados no ha sido producido comercialmente por falta de legislación y la ausencia de protocolos de seguridad normalizados, ya que el concepto de Case es de gran tamaño, y visto de cerca realmente impresiona. Al contrario ocurre con la propuesta de Agco-Fendt dentro del proyecto MARS (2014), donde un enjambre de pequeños robots (Figura 5.c) actúan de manera coordinada para plantar maíz. Finalmente, la Figura 5.d) muestra el último concepto de robot, autónomo y eléctrico, presentado por John Deere en la feria Agritechnica (Alemania) en 2019.

Los fabricantes líderes en el sector de maquinaria agrícola (Figura 3) han centrado la mayor parte de sus esfuerzos en desarrollar máquinas versátiles que puedan sustituir al tractor convencional, lo que ha llevado a los interesantes conceptos de las Figuras 4 y 5 (a, b, d). Sin embargo, la complejidad y envergadura de estas máquinas dificulta su entrada en el mercado por razones de seguridad, ya que son los propios fabricantes los que no quieren ver dañada su buena

reputación de décadas al verse involucrados en accidentes, que fácilmente pueden ser mortales. Esto ha propiciado la emergencia de nuevas empresas, con un tamaño modesto, que han concentrado todos sus esfuerzos en resolver un problema concreto mediante la robótica. Muchas de ellas proceden –o todavía son– empresas emergentes (*start-up* o *spin-off*), y han soslayado el problema de la seguridad reduciendo el tamaño de las plataformas robóticas, lo que, en muchos casos, además, ha significado una ventaja medioambiental al sustituir los convencionales motores de combustión por una propulsión eléctrica. Una parte significativa de las soluciones descritas en las siguientes secciones se ajusta a esta casuística. Por lo tanto, aunque incipiente, el interés por la robótica móvil ha crecido de manera exponencial durante el último lustro a nivel mundial, aunque su distribución geográfica no es uniforme. La Figura 6 representa la distribución del mercado de robots agrícolas para el año 2017, así como su proyección para el año 2025, que resulta más interesante para entender cómo va a evolucionar el sector. En general, ha habido una hegemonía por parte de Norte América, especialmente en EEUU, y con respecto a Europa se espera un crecimiento más lento entre 2018 y 2025 por considerarse un mercado maduro, mientras que el mercado asiático es el que más va a crecer en este periodo.

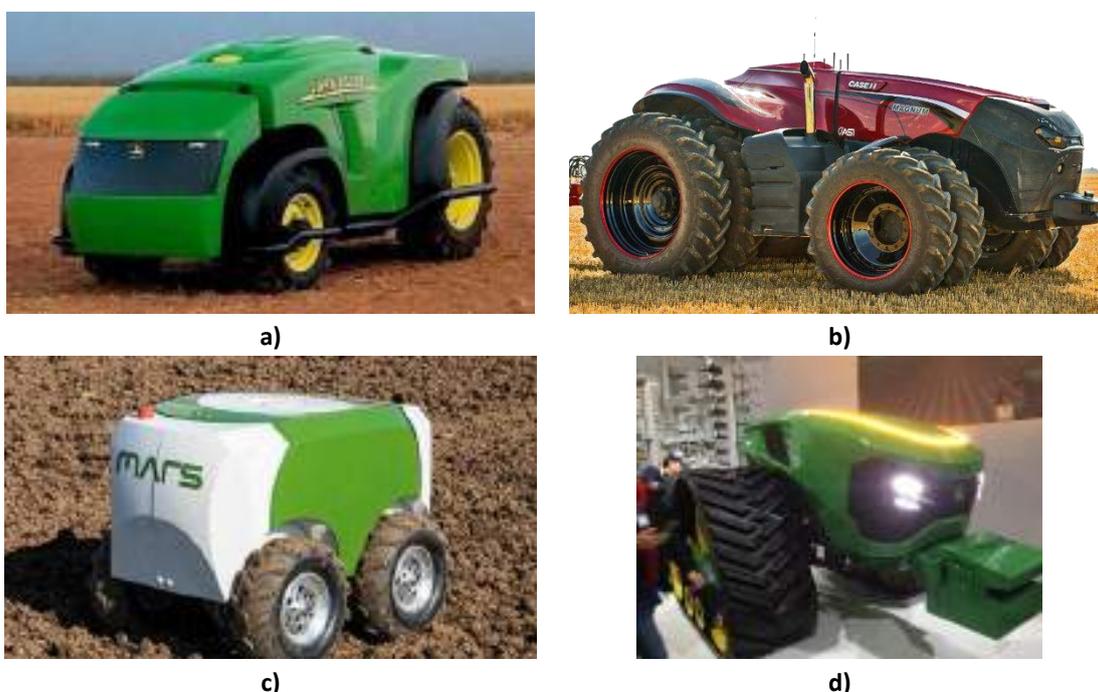


Figura 5. Pruebas de concepto sobre robots autónomos: a) John Deere (1997); b) CNH (2016); c) Agco-Fendt (2014); d) John Deere (2019)

El mapamundi de la Figura 6 podría llevar a engaño si gran parte de los robots a los que alude la figura fueran robots estáticos de ordeño, como solía ser el caso a comienzos del siglo XXI, pero esta tendencia ya ha comenzado a invertirse. En concreto, la Figura 7 demuestra que el mercado (expresado en millones de dólares) de los robots móviles de campo es hoy en día mayor que el de los robots de ordeño a nivel global, siendo su proyección para 2025 aún más acusada. En cuanto a la situación en el mercado europeo, se estima que éste tiene un valor aproximado para el año 2017 de 611,7 millones de dólares, de los cuales 129,7 corresponderían a Alemania, 109,5 al Reino Unido, y 91,4 a Francia. En este caso, también se produce un dominio de los robots de campo, con un total de 238,9 millones de dólares de los 611,7 estimados para Europa en 2017.

La proyección para el mercado europeo de robots de campo es de 755,3 millones de dólares para el año 2025 (VMI, 2018).



Figura 6. Distribución geográfica del mercado de la robótica agrícola en 2017 (VMI, 2018)

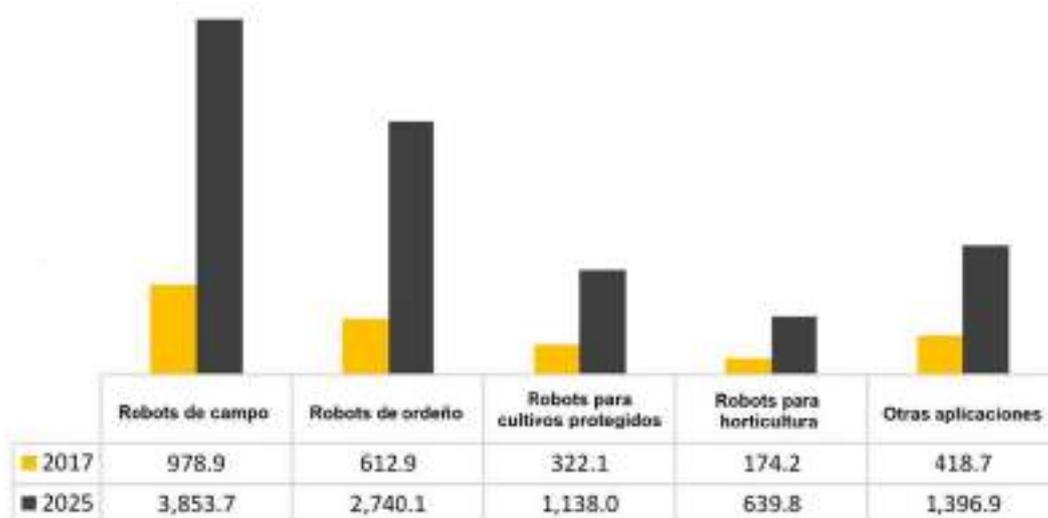


Figura 7. Clasificación del mercado de la robótica agrícola en millones de dólares (VMI, 2018)

3. Automatización de las labores del suelo, siembra y plantación

Automatizar las labores de preparación del suelo en cultivos extensivos tiene el inconveniente de no disponer de información proveniente del entorno, ya que son tareas que normalmente se realizan en terrenos incultos. Esta desventaja se convirtió en ventaja cuando el sistema de posicionamiento global GPS se liberó para uso no militar en el año 2000. Un terreno despejado facilita la recepción desde los satélites de posicionamiento a la vez que minimiza los riesgos de colisionar con plantas, árboles, y otros objetos o construcciones rurales. Por este motivo se produjo el auge de los sistemas de autoguiado a finales del siglo XX para cultivos extensivos, y hoy en día todos los fabricantes representados en la Figura 3 ofrecen su sistema de guiado automático. En el caso de árboles frutales, por el contrario, la adopción de esta tecnología ha

sido mucho menor y con mayor lentitud, al incrementar el riesgo de colisión por moverse las máquinas entre filas de vegetación, en algunos casos con poca anchura como es el caso de algunos viñedos. No obstante, a raíz del incremento en la adopción de técnicas de laboreo mínimo y dados los crecientes problemas de erosión y desertización, se ha producido un descenso en el uso de máquinas para trabajar el suelo.

El coste energético asociado a la labranza es elevado, y por tanto se requiere la potencia del motor diésel para llevarla a cabo, desincentivando la aparición de robots de tamaño reducido y accionados por baterías eléctricas para estas tareas. Gran parte de la automatización aplicada al laboreo, por tanto, se ha llevado a cabo mediante los sistemas de guiado automático que forman parte de los tractores más avanzados que oferta cada fabricante. Un paso más allá del autoguiado incluiría el movimiento del enganche tripuntal para elevar o bajar el apero, así como el accionamiento automático de la toma de fuerza según el tractor esté ubicado dentro de la parcela o en la cabecera. Esta funcionalidad fue demostrada en el proyecto Robotra (Figura 8.a) liderado por el centro de investigación japonés NARO (*National Agriculture and Food Research Organization*) en 1997 (Kondo *et al.*, 2011). La investigación en robótica agrícola por parte del gobierno nipón ha sido constante en las últimas décadas debido al acusado envejecimiento de sus agricultores y la escasa tasa de inmigración del país. El cultivo del arroz, en particular, ha sido objeto de multitud de proyectos por su importancia en la dieta asiática, entre los que destacan los dedicados al trasplante y cosecha automática. La Figura 8.b) muestra un prototipo para el trasplante automático de arroz desarrollado por NARO en 2014. Es importante recalcar las dificultades de tracción que estas máquinas encuentran en los campos inundados de arroz, lo que obliga a los investigadores a afinar bien los sistemas de control de la navegación, que en este caso siguen las directrices de un receptor GPS de precisión inferior a 3 cm (RTK). Ninguno de los dos vehículos de la figura 8 han llegado a ser comerciales todavía, pero han servido para impulsar el desarrollo de la tecnología que estas labores precisan.



Figura 8. Automatización de laboreo y trasplante: a) Fresado con tractor robotizado Robotra (1997); b) Trasplantadora de arroz autónoma (NARO, Tsukuba, 2014)

4. Robots para la eliminación de malas hierbas con actuadores mecánicos

En los últimos cinco años ha habido un resurgir de la escarda mecánica, pero esta vez mediante robots con propulsión eléctrica. La gran mayoría provienen de Francia, y no es casualidad, ya que el país gallo se ha embarcado en una cruzada contra el glifosato que ha puesto a muchos agricultores en serias dificultades para combatir las malas hierbas (Agropopular, 2020). La reducción en tamaño de estas máquinas ha paliado parte de las objeciones relativas a la

seguridad y fiabilidad, mientras que la especialización en resolver un problema determinado e importante, la eliminación de malas hierbas sin utilizar productos químicos, ha incrementado la demanda de estas soluciones, al menos en Francia. La Figura 9.a) muestra el robot Oz, de 150 kg, desarrollado por Naïo Technologies (Escalques, Francia) para eliminar malas hierbas en horticultura, y la Figura 9.b) muestra a Vitirover (Saint-Émilion, Francia) realizando labores de escarda mecánica en un viñedo. El robot Oz está a la venta y en 2018 se pusieron en funcionamiento casi 70 unidades, de las cuales el 80 % permanecieron en Francia (www.naio-technologies.com), mientras que Vitirover representa un modelo de negocio basado en servicios, donde una flota de robots realiza las labores de eliminación de malas hierbas según las instrucciones del operador de campo asignado por la compañía, quedando el agricultor libre de cualquier responsabilidad en cuanto al mantenimiento y manejo de los robots, que son siempre propiedad de la firma francesa.



Figura 9. Robots para escarda mecánica: a) Oz; b) Vitirover

Fuente: www.naio-technologies.com y www.vitirover.fr/en-home

5. Robots para la eliminación de malas hierbas con aplicadores de productos fitosanitarios

La eliminación de malas hierbas mediante pulverización inteligente, es decir, aplicando herbicida sólo donde hay malas hierbas, se ha venido investigando desde los años noventa, principalmente en paralelo al desarrollo de la visión artificial, que ha sido la tecnología generalmente utilizada para detectar las malas hierbas, aunque con resultados limitados. Sin embargo, esta solución ha despegado con la popularización de las técnicas de inteligencia artificial aplicadas a la visión artificial, concretamente el conjunto de algoritmos conocidos como *machine learning*, y sobre todo *deep learning*. El éxito cosechado por la empresa norteamericana Blue River Technology (www.bluerivertechnology.com) para explotar comercialmente la aplicación selectiva de herbicida en lechugas basada en visión artificial – tecnología *see & spray*– ha vuelto a centrar la atención en esta alternativa, sobre todo tras su adquisición por el fabricante John Deere, líder del sector (Figura 3), por 305 millones de dólares. La Figura 10 muestra el pulverizador inteligente acoplado a un tractor, ya que no se ha construido una versión autopropulsada.



Figura 10. Pulverización selectiva mediante visión e inteligencia artificial (Blue River Technology-Deere & Co, EEUU).

6. Robots para pulverización hidroneumática en árboles

La aplicación de productos fitosanitarios a árboles frutales requiere desplazar un depósito con líquido por la parcela y accionar un ventilador que produzca la corriente de aire que transportará las gotas, lo que requiere disponer de una potencia mínima y de cierto tamaño, ambos requisitos contrarios a su automatización y electrificación de manera generalizada. Esta particularidad de la pulverización es la que explica la diferencia en arquitectura entre los vehículos y las soluciones de las Figuras 9 y 10. Esto no significa, afortunadamente, que sea imposible llegar a soluciones comercialmente viables, aunque como es lógico, estas soluciones requieren procedimientos originales. Es el caso de la joven empresa estadounidense GUSS (*Global Unmanned Spray System*), que posee una flota de pulverizadores autónomos de gran tamaño (Figura 11.a) bien adaptados a la estructura de las explotaciones californianas (www.gussag.com). Cada pulverizador incluye un sistema de paro inalámbrico, que puede ser accionado en cualquier momento por un equipo supervisor que monitoriza toda la operación desde una furgoneta especialmente preparada para esta tarea, y que siempre está aparcada en los alrededores de la explotación hasta que finalice la jornada de pulverización. La Figura 11.b) muestra otra solución similar, esta vez desde Brasil, representada por el pulverizador autónomo JAV II de la compañía Jacto (www.jacto.com). El JAV II también viene equipado con el sistema de paro a distancia, sólo aplica productos fitosanitarios si detecta vegetación objetivo, puede alcanzar 15 km/h, y tiene capacidad para monitorizar parámetros climáticos.



a)



b)

Figura 11. Pulverización hidroneumática con vehículos autónomos: a) GUSS; b) Jacto JAV II

7. La robotización de la poda

La automatización de la poda en árboles frutales y viñedos es, junto a la recolección robotizada en frutales, uno de los casos en los que la demanda ejerce una gran presión sobre la oferta, motivada en parte por los desafíos anteriormente descritos en la sección 2, y por el gran porcentaje que estas dos tareas representan del total de los costes productivos. Lamentablemente, automatizar la poda es tan interesante como difícil, y esta dificultad radica en la complejidad intrínseca del proceso de poda, que requiere el ejercicio mental de seleccionar las ramas a eliminar y dejar las que van a dar la mejor producción. Además, el hecho de poner herramientas afiladas y peligrosas a disposición de un ordenador podría llegar a generar situaciones arriesgadas para los trabajadores operando cerca de la máquina de poda. Aun así, se han intentado múltiples soluciones, y se sigue trabajando en ello con algunos éxitos recientes, principalmente aplicando técnicas de visión artificial. Este es el caso de la compañía norteamericana Vision Robotics Corporation (www.visionrobotics.com), actualmente trabajando en el sistema de poda robotizado de la figura 12. Este sistema de poda por visión es totalmente cerrado (más seguridad y mejor control de la iluminación) y arrastrado por un tractor robotizado con guiado automático (Figura 12.a), en cuyo interior se produce la adquisición de imágenes similares a la representada en la Figura 12.b), para finalmente ejecutar los cortes de los sarmientos seleccionados con tijeras accionadas por brazos robóticos como el de la Figura 12.c). El sistema no está disponible en el mercado, pero la compañía sigue trabajando para llegar a una solución comercializable.

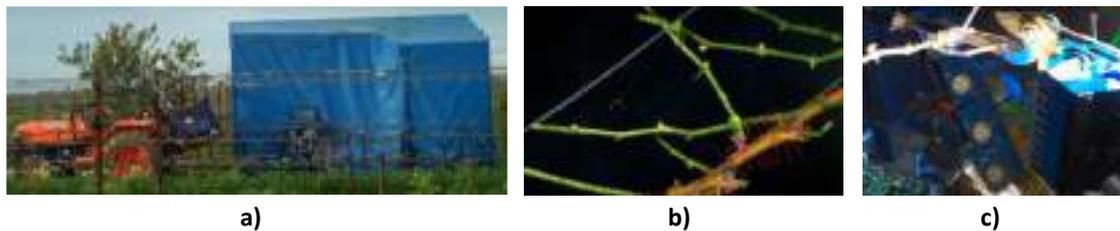


Figura 12. Robotización de la poda propuesta por Vision Robotics: a) Prototipo arrastrado por tractor robotizado; b) Toma de imágenes y procesado; c) Corte de los sarmientos

8. La monitorización en campo con robots: agricultura basada en datos

La popularización del sistema GPS y el consecuente desarrollo de la agricultura de precisión, junto a la disponibilidad de infinidad de sensores a precios razonables, ha revolucionado la manera de gestionar las explotaciones, y una parte central de esta revolución se debe al papel que juegan los datos captados de las propias parcelas en la toma de decisiones. Sin embargo, pese al auge de la agricultura basada en datos (Saiz-Rubio y Rovira-Más, 2020), todavía estamos lejos de las condiciones que definen el *big-data*, y la causa principal es la falta de datos de campo con la suficiente densidad, precisión y frecuencia. La toma de datos en campo se sigue haciendo muchas veces por muestreo manual, como por ejemplo cuando se estima la madurez de los frutos antes de su recolección, lo que por razones económicas y prácticas se puede hacer pocas veces por temporada, y con un muestreo poco denso y bastante subjetivo.

Un primer esfuerzo para hacer la toma de datos de los cultivos más eficiente ha sido mediante imágenes aéreas, ya sea desde satélites de observación terrestre, por aviones tripulados

equipados con sofisticados sistemas ópticos, y más recientemente desde drones. Aun así, algunos fenómenos fisiológicos dependen de las condiciones ambientales que rodean cada planta, y muchas veces, la parte lateral de los árboles resulta más interesante que la cenital, ya que en esta primera es donde se produce la fruta. En estos casos, imágenes tomadas generalmente a más de 50 m de altura no son adecuadas para monitorizar las condiciones que rodean cada planta, como la temperatura ambiente o la humedad relativa, pero no resulta viable contratar a un empleado para que se dedique exclusivamente a tomar datos a pie de parcela. El proyecto europeo VineScout (2017-2020) se enfrentó a este reto diseñando y construyendo un robot autónomo para viticultura con una batería de sensores recolectando información ambiental y radiométrica. En concreto, el robot escanea la sección derecha de viñedos en espaldera captando simultáneamente la temperatura de las hojas y del aire, la humedad relativa, la presión atmosférica, y los índices radiométricos NDVI (Índice de Vegetación Normalizado) y PRI (Índice de Reflectancia Fotoquímica). El objetivo final es obtener información sobre el crecimiento de las plantas (vigor) y su estado hídrico. La Figura 13 muestra al robot VineScout escaneando un viñado. La velocidad de avance es aproximadamente de 2 km/h, y para dar una idea de lo que entendemos por toma masiva de datos, en una sesión de monitorización del estrés hídrico de un viñado de 0,65 ha de superficie, se escanearon 14 filas en 71 minutos, generándose un mapa con 14.856 puntos de medida, cada uno de ellos con sus coordenadas geodésicas y variables medidas por los sensores, lo que equivale a una densidad de 2,3 puntos/m². Esa misma parcela de 0,65 ha se muestreó manualmente con una cámara Scholander para medir el potencial hídrico de las vides, y se realizaron 36 medidas, lo que equivale a una densidad de 0,0056 puntos/m². El robot no está disponible comercialmente, y tiene la ventaja de poder navegar en ausencia de GPS (Rovira-Más *et al.*, 2020), aunque evidentemente, no sería posible generar mapas sin posicionamiento global.

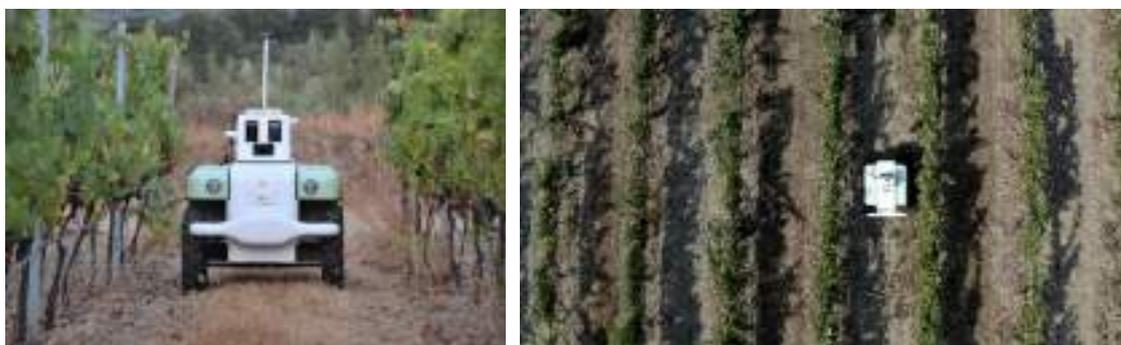


Figura 13. Robot VineScout para monitorizar viñedos a alta resolución (al menos 2 puntos/m²)

9. La recolección robotizada

Automatizar la recolección de cultivos extensivos cuando se dispone de cosechadoras autopropulsadas, especialmente en cereales, no ha requerido más que implementar el guiado automático basado en GPS en estas máquinas. Sin embargo, la recolección de frutas de los árboles, que hasta el momento se ha realizado manualmente por cuadrillas de trabajadores, plantea grandes dificultades. Una parte importante de los frutos suele producirse en el interior de los árboles, siendo difícil para un sistema automático localizar frutos con oclusiones totales o parciales. Por otro lado, aunque se identifiquen los frutos, hay que impulsar un brazo robótico

hasta cada fruta, que debe cortarla y depositarla en un recipiente sin que se produzcan daños, algo que se consiguió ya en los años ochenta del siglo pasado (Kondo *et al*, 2011), pero que sigue siendo demasiado lento si lo comparamos con la recolección manual. No obstante, dentro del total de los costes productivos para árboles frutales, la parte correspondiente a la recolección puede superar el 50 % (Burks, 2008), lo que convierte a la recolección automatizada de frutas en un tema recurrente dentro de la robótica agrícola, en la que se siguen buscando soluciones, y donde cada vez parece que estemos más cerca de conseguirlo. Un primer paso ha consistido en modificar la estructura de los cultivos para favorecer la introducción de máquinas con mecanismos recolectores y plataformas de asistencia, formando los árboles en espalderas planas y altas que reducen el porcentaje de oclusión de fruta de manera sustancial. Esta arquitectura es muy común en viñedo, pero se está aplicando cada vez más a otros frutales como los almendros, olivos, manzanos, cerezos, y arándanos. La Figura 14.a) proporciona un ejemplo de cerezos en espaldera plantados en el Estado de Washington (EEUU). Aun así, todavía no contamos con una base de robots comerciales fácilmente accesibles, pero sí con soluciones avanzadas que se acercan a un estado de madurez elevado, como la cosechadora robótica de fresas desarrollada por la compañía española Agrobot (Figura 14.b), actualmente en estado pre-comercial (www.agrobot.com/e-series) y con resultados satisfactorios fruto de la combinación de visión e inteligencia artificial.



Figura 14. Robotización para la recolección de frutas: a) Acondicionamiento del cultivo de cerezas en espaldera (EEUU); b) Robot para recoger fresas (Agrobot, España).

10. Epílogo

Según la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos (NAE, 2021), la mecanización agraria ocupa el séptimo lugar dentro de los veinte adelantos más importantes del siglo XX, precediendo a inventos tan populares como internet, el teléfono o incluso los ordenadores. Este avance constituyó la primera tecnología disruptiva moderna en agricultura, pero fundamentalmente benefició a países industrializados con capacidad para producir máquinas, especialmente en Estados Unidos, donde la mano de obra escaseaba y las explotaciones eran inmensas. A mediados de ese siglo, tuvo lugar un segundo salto disruptivo, la Revolución Verde encabezada por Norman Borlaug, cuya contribución a la lucha contra el hambre, esta vez centrada en países en desarrollo, le fue reconocida con el premio Nobel de la Paz en 1970. Tras un siglo desde la primera tecnología disruptiva, la producción de alimentos, que ahora debe ser sostenible tanto desde el punto de vista socioeconómico como medioambiental, vuelve a encontrarse ante retos de tal calado que sólo un salto tecnológico disruptivo parece ser capaz

de contrarrestarlos. El progreso realizado en informática y electrónica de las últimas décadas, y el beneficio demostrado por ambas en aplicaciones agrícolas, apuntan a la agricultura digital como tercera tecnología disruptiva, con sus innovaciones prácticas como la agricultura de precisión, los sistemas expertos de ayuda a la toma de decisiones y la robótica agrícola. Con ella, más que una mejora gradual y paulatina, se esperan saltos cualitativos que puedan dar lugar a cambios de paradigmas asentados durante mucho tiempo, como por ejemplo la sustitución de motores de combustión interna por motores eléctricos como en el caso de los robots de las Figuras 5 (c y d), 9, y 13.

Un capítulo que tiene por objetivo revisar los avances recientes en robótica agrícola, y que además considera a la robótica como el último eslabón de la mecanización agraria por el cual no sólo el esfuerzo físico de los agricultores, sino el mental, se ve complementado por máquinas, no puede ignorar una preocupación recurrente que tiene su génesis en los mismos inicios de la revolución industrial: ¿va la robótica a eliminar los puestos de trabajo en las actividades agrícolas?, ¿producirá la extinción irreversible del agricultor? No son cuestiones triviales y deben abordarse con detenimiento para evitar conclusiones precipitadas y ligeras. Si el objetivo de la agricultura digital es asegurar la sostenibilidad de la actividad agrícola, la idea no es eliminar al agricultor sino todo lo contrario, asegurar su permanencia y bienestar a lo largo del tiempo. Por ello, el análisis de los efectos socioeconómicos de introducir la robótica en el campo debe basarse en dos supuestos: en primer lugar, el uso de datos numéricos y estudios procedentes de fuentes fiables que aporten evidencias y, en segundo lugar, centrarse en el caso particular de la agricultura, ya que otros sectores tienen problemáticas diferentes. En la introducción ya vimos lo difícil que resulta definir un robot de manera genérica, ya que la diversidad es tan grande que no ha sido posible encontrar una definición satisfactoria para todos. Por tanto, la situación que subyace ante la introducción de robots fijos en cadenas de montaje, o robots de compañía en residencias para ancianos poco tienen que ver con el desembarco de robots agrícolas en el campo. Con estos supuestos en mente, en el párrafo siguiente procedemos a analizar las posibles consecuencias de introducir robots y automatización en la producción agrícola.

En el año 1910, 18 % de la población activa de EEUU se dedicaba a la agricultura. Sin embargo, en 2012 esta cifra había descendido al 1 % (Stone, 2014), en gran parte como consecuencia de la mecanización. ¿Qué ocurrió con toda esa mano de obra? Se produjo una adaptación en el sector, y la nueva industria fabricante de tractores absorbió a muchos trabajadores que ya no encontraban trabajo en el campo. A veces resulta inevitable hacer la asociación directa entre la destrucción de un número de empleos y el aumento de las tasas de desempleo, sin embargo, debemos tener en cuenta la elasticidad del mercado y su capacidad de innovación. De hecho, los datos nos pueden indicar todo lo contrario. Tras la invención y adopción generalizada de los cajeros automáticos, cabría esperar un aumento considerable del desempleo entre los empleados en banca. Contra todo pronóstico, el número de empleados en sucursales bancarias aumentó de 450.000 a 527.000 en EEUU durante las dos primeras décadas del funcionamiento del cajero automático (Jordan, 2017). Japón declaró una tasa de desempleo del 4 % para el año 2013, y según la Federación Internacional de Robótica, para ese mismo año el país nipón contaba con 323 robots por cada 10.000 trabajadores, cifra sorprendente si tenemos en cuenta que en EEUU había 152 robots por 10.000 trabajadores ese año (Jordan, 2017). No obstante, cada sector tiene unas peculiaridades específicas, y deberíamos centrarnos en el ámbito agrícola. Existen estudios socioeconómicos que afirman (Burks, 2008) que la introducción de la robótica

agrícola en el campo producirá más puestos de trabajo de los que pueda inicialmente destruir. En todo momento estamos pensando en sustituir trabajos, pero en algunos cultivos estamos viendo tareas para las que hay poca disponibilidad de mano de obra especializada, como la poda de viñedos en Francia, la recolección de fresas en España, o la recogida de espárragos en Alemania. En estos casos, la ausencia de una solución viable puede llevar a la desaparición de muchas explotaciones, sobre todo familiares. Por otra parte, la introducción de tecnologías digitales requerirá la creación de empresas de fabricación y mantenimiento de equipos inteligentes, asesoramiento para el análisis de datos y toma de decisiones, o simplemente la presencia de agentes de extensión agraria que transmitan la necesaria formación a los usuarios finales, que serán agricultores con poco tiempo para leer manuales de instrucciones o seguir tutoriales desde el ordenador. Según Brynjolfsson y McAfee (2016) el progreso inherente a la revolución digital puede enriquecer nuestras vidas como nunca antes, pero a costa de una formación mínima que permita el uso efectivo de los nuevos avances. Es por ello que los agricultores del siglo XXI necesitan desarrollar nuevas habilidades acordes con la tecnología disponible hoy en día y en los próximos años. La robótica puede acometer la parte más dura del trabajo en el campo, aquella que nadie quiere hacer, que por eso muchas veces acaba en manos de inmigrantes, y que está disuadiendo a la juventud a la hora de emprender negocios y ejercer una profesión en el ámbito agrícola. Sin embargo, el agricultor todavía será imprescindible en la organización, gestión, toma de decisiones, y planificación estratégica ligada a las explotaciones. Pero a pesar de las oportunidades que la tecnología puede introducir –y de hecho ya está introduciendo– en la producción agraria, sigue habiendo un rechazo por una pequeña parte de la población rural que siente una amenaza para su statu quo. Esta oposición a la tecnología ya ocurrió en Inglaterra cuando se produjeron los primeros telares mecánicos en 1785, volvió a aparecer con el primer arado de acero inventado por John Deere en 1837 (se aseguraba que el acero arruinaba la fertilidad del suelo), y la seguimos observando hoy en día con el advenimiento de los robots agrícolas. La fotografía de la Figura 15 es una instantánea tomada en la Feria Internacional de la Robótica Agrícola de Toulouse, el 11 de diciembre de 2018, donde aparecen los autodenominados chalecos amarillos protestando por “la ruina que los robots van a traer al campo (francés)”. Los manifestantes irrumpieron en medio de la conferencia e impidieron el desarrollo normal del orden del día previsto, boicoteando la ponencia que se estaba celebrando en ese momento, y rechazando participar en una mesa redonda prevista al final de la mañana a la que se les invitó, de manera improvisada, para que expusieran sus ideas de manera civilizada.

El progreso que viene realizando la robótica desde los años noventa del siglo anterior ha sido gradual, pero en la última década se ha producido una aceleración con resultados extraordinarios (Brynjolfsson y McAfee, 2016), lo que ha llevado a una proliferación de soluciones prácticas, incluyendo el mundo de la agricultura. Este capítulo, no pretende ser un exhaustivo inventario de todas las soluciones existentes en automatización y robótica agrícola, sobre todo porque sería imposible, ya que continuamente están apareciendo nuevos prototipos, comerciales o en fase conceptual, ofertados por fabricantes consolidados o empresas de reciente creación (*start-up*), sofisticados o simples, autopropulsados o arrastrados, eléctricos o convencionales. Nuestro objetivo ha sido exponer el estado actual a través de ejemplos que consideramos representativos del momento actual, pero por encima de los ejemplos particulares, la idea es transmitir una visión de la agricultura del futuro dentro del contexto de la digitalización, automatización y robótica, que en base a las evidencias que hemos ido

exponiendo en el texto, no puede ser menos que optimista. Desde un punto de vista social, una profesión dotada tecnológicamente con las mismas herramientas que el resto de sectores industriales, y en algunos casos con soluciones incluso más avanzadas, puede revitalizar la población rural y atraer a jóvenes agricultores, tanto hombres como mujeres, que puedan dar respuesta a una vocación tan trascendental como es alimentar a la población, sin tener que estar sometidos a los disuasorios rigores del trabajo físico, cada vez más “en manos” de las máquinas, las actuales, y las que sin duda llegarán en décadas venideras.



Figura 15. Manifestaciones y protestas contra la robótica en agricultura en la Feria Internacional de la Robótica Agrícola en diciembre de 2018 (FIRA, Toulouse, Francia)

Bibliografía

- Agropopular. Francia anuncia una serie de restricciones en el uso del glifosato antes de su prohibición total. <https://www.agropopular.com/francia-restricciones-glifosato-091020>. Acceso: 16 febrero 2021.
- Brynjolfsson, E; McAfee, A. (2016). The second machine age. New York: W. W. Norton & Company, Inc., (Cap. 1).
- Burks, T. F.; Schmoltdt, D. L.; Steiner, J. J. (2008). U. S. specialty crops at a crossroad. Hi-tech or else? Resource: September. ASABE, St. Joseph, MI, USA.
- Foley, J. (2014). A five-step plan to feed the world. National Geographic. May.
- Fresh Plaza. Los agricultores superan la media de edad de la UE. <http://www.freshplaza.es/article/93922/Los-agricultores-espa%C3%B1oles-superan-la-media-de-edad-de-la-UE>. Acceso: 11 enero 2017.
- John Deere. (2010). Introduction to crop production. Deere & Co, Moline, IL, USA.
- Jordan, J. (2016). Robots. Cambridge, MA: MIT Press, (Cap. 1, 4 y 7).
- Kondo, N.; Monta, M.; Noguchi, N. (2011). Agricultural robots, mechanisms and practice. Kioto, Japón: Kyoto University Press y Melbourne, Australia: Trans Pacific Press (Cap. 2, 3 y 4).

- NAE (US National Academy of Engineering). <http://www.greatachievements.org/>. Acceso: 18 febrero 2021.
- Rovira-Más, F.; Han, S. (2006). Kalman filter for sensor fusion of GPS and machine vision. In Proceedings of the ASABE Annual International Meeting, Portland, OR, EEUU. ASABE Paper 063034.
- Rovira-Más, F.; Zhang, Q. (2008). Fuzzy logic control of an electrohydraulic valve for auto-steering off-road vehicles. *Journal of Automobile Engineering*, 917-934.
- Rovira-Más, F.; Saiz-Rubio, V; Cuenca-Cuenca, A. (2020). Augmented perception for agricultural robots navigation. *IEEE Sensors Journal* 2020, 1-16, DOI 10.1109/JSEN.2020.3016081
- Russell, S.; Norvig, P. (2003). *Artificial intelligence, a modern approach*. (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc., (Cap. 1).
- Saiz-Rubio, V.; Rovira-Más, F. (2020). From Smart farming towards Agriculture 5.0: a review on crop data management. *Agronomy*, 10 (207): 1-21.
- Stone, A. (2014). American farmers are growing old, with spiraling costs keeping out young. *National Geographic*. September.
- Verified Market Intelligence (VMI). (2018). *Global agricultural robots: market size, status and forecast to 2025*. Boonton, NJ, EEUU

FORIGO

SINCE 1972



Ready to fit you



TRITURADORAS

Una gama completa de trituradoras de hierba, restos de poda, rastros, hojas de patatas y boniato

OVER **50** YEARS



IT - EN - DE

Pronti a misurarci con te



FORIGO

SINCE 1972

FORIGO ROTERITALIA

VIA BRENNERO NORD, 9 - OSTIGLIA (MN)

+39 0386 32691

[HTTPS://WWW.FORIGO.IT/](https://www.forigo.it/)

INFO@FORIGO.IT

WWW.FORIGO.IT



FORIGO

SINCE 1972



Ready to fit you

ENTERRADORAS RÍGIDAS Y PLEGABLES

Una gama completa de enterradoras rígidas y plegables capaces de enterrar piedras, terrones y restos de cultivos anteriores, trabajar el terreno y preparar camas de plantación en una sola pasada.

Al mismo tiempo pueden también formar mesas de cultivo, colocar la cinta de riego, colocar la película de acolchado, echar abono y marcar la tierra para el transplante.



IT - EM - DE

Pronti a misurarci con te

FORIGO ROTERITALIA

VIA BRENNERO NORD, 9 - OSTIGLIA (MN)

+39 0386 32691

[HTTPS://WWW.FORIGO.IT/](https://www.forigo.it/)

INFO@FORIGO.IT



FORIGO

SINCE 1972

WWW.FORIGO.IT



FORIGO

SINCE 1972



Ready to fit you

SEMBRADORAS ELÉCTRICAS

Una gama de sembradoras innovadoras totalmente eléctricas, de gestión electrónica, que permiten sembrar varios tipos de cultivos agrícolas y hortícolas a través de film de acolchado biodegradable.

IT - EN - DE

Pronti a misurarci con te

FORIGO ROTERITALIA

VIA BRENNERO NORD, 9 - OSTIGLIA (MN)

+39 0386 32691

[HTTPS://WWW.FORIGO.IT/](https://www.forigo.it/)

[INFO@FORIGO.IT](mailto:info@forigo.it)

WWW.FORIGO.IT



FORIGO

SINCE 1972



FORIGO

SINCE 1972



Ready to fit you

GRADAS ROTATIVAS Y FRESADORAS RÍGIDAS Y PLEGABLES

Una gama completa de gradas rotativas y fresadoras rígidas y plegables para la preparación de la cama de plantación para cualquier cultivo agrícola



IT - EN - DE

Pronti a misurarci con te

FORIGO ROTERITALIA
VIA BRENNERO NORD, 9 - OSTIGLIA (MN)
+39 0386 32691
[HTTPS://WWW.FORIGO.IT/](https://www.forigo.it/)
[INFO@FORIGO.IT](mailto:info@forigo.it)

WWW.FORIGO.IT



FORIGO

SINCE 1972

Agrónic: La solución inteligente para el control del riego



**SOLUCIÓN ADAPTABLE A
CUALQUIER INSTALACIÓN**

Programadores totalmente configurables y ampliables con los que podrás gestionar de forma local o remota cualquier finca de riego, para obtener un **completo control hidráulico y agronómico**.

Visítanos en:
www.progres.es

SISTEMES ELECTRÒNICS
PROGRÉS

La solución para ahorrar agua y energía

La agricultura actual y futura, con los recursos naturales amenazados por el cambio climático, industrialización de procesos y crecimiento demográfico de la población, no será rentable si no se trabaja bajo términos de gestión y control.

El sector primario, a pesar de ser un sector conservador donde los cambios culturales son las principales barreras para la introducción de tecnología, ya vivió una primera revolución tecnológica con la introducción de automatismos para el control de acciones manuales rutinarias y control de instalaciones hidráulicas. Ahora toca una segunda revolución.

La irrupción en el sector agrario de las tecnologías de la información y comunicación (TIC's) y herramientas VRT (Variable Rate Technology), permiten optimizar el consumo de agua, energía y fertilizantes con control sobre las variables planta, clima y suelo, siendo cada día más aplicadas en la agricultura de precisión.

En **Sistemas Electrònics Progrés**, tenemos una fuerte vocación innovadora, y hemos apostado desde nuestros inicios por incorporar la tecnología más avanzada al sector del riego. Actualmente disponemos de la "solución global" (automatización + gestión) que permite al agricultor valorar, no sólo el ahorro en el consumo de agua, fertilizante, energía, tiempos y desplazamientos, sino también el registro datos, y facilitamos las herramientas para analizarlos cómodamente para una mejor toma de decisiones, que repercute directamente en una mayor eficiencia.

Estas necesidades se pueden comprender mediante sensores instalados en el campo, recogiendo datos sobre el estado de la planta, suelo, clima y consumos. Esta información se envía al programador, que además, controla el estado de los sectores, fertilizantes, bombas, filtros, las averías ocurridas y crea registros de eventos y acumulados. Todo el conjunto de información se traspa a las herramientas de gestión a distancia, dónde se podrá consultar el estado de la instalación, analizarla y ajustar la cantidad de agua y fertilizante a las necesidades reales del cultivo.

Además, compartir el conocimiento y transferir la información debe ser un objetivo dentro de un engranaje de actores, que permitan una mejora en las producciones agrícolas de forma sostenible, social y ambientalmente. Siempre abiertos a fomentar la colaboración entre empresas.

2.16. La transformación digital del medio agrícola

Jairo Hernández Salvador

jhernandez@gregal.info

Gregal Soluciones

Índice

1. Introducción
2. La aparición de la trazabilidad automatizada
3. La proliferación del uso del smartphone
4. Una pandemia global: Covid-19 y el teletrabajo
5. La información es poder: el Big Data
6. IoT “*Internet of Things*” o Internet de las cosas
7. Transformación digital, ¿qué nos depara el futuro?

Resumen

Los avances en las tecnologías de la información han sido incesantes en los últimos veinte años, tanto en la vida cotidiana como en el entorno profesional.

El sector agroalimentario español no ha sido diferente al resto del tejido empresarial, por lo que se ha visto inmerso en una incesante innovación de sus procesos de siembra, producción, confección y envasado, etc., ... lo que ha permitido, junto al clima que disponemos, a sus empresas liderar la producción hortofrutícola y las exportaciones en Europa.

Tanto por factores de innovación tecnológica para el acceso y manejo de la información (mejoras en las comunicaciones, conectividad, infraestructuras, características del rendimiento del hardware, ...), aparición de nuevos dispositivos (smartphones, sensores, ...), desarrollo de nuevas soluciones de software (herramientas de inteligencia de negocio, herramientas de gestión documental y OCR -reconocimiento óptico de caracteres- inteligentes, Internet de las cosas, app para smartphones, ...), como por cambios en la legislación o derivados de factores exógenos a la empresa (legislación europea sobre seguridad alimentaria y trazabilidad, tratamiento de los datos de carácter personal, pandemias como el Covid-19, ...) han supuesto un gran cambio en el uso de la tecnología como factor para mejorar la competitividad empresarial.

Esta visión de la tecnología como catalizador de la mejora en cada uno de los procesos de negocio de la empresa agrícola, unido a ayudas a la inversión en I+D+I, provenientes de la Unión Europea, para la aplicación de la innovación al tejido agrario, ha permitido que estemos

inmersos en procesos de mejora continua con el objetivo de seguir mejorando los diferentes procesos de la cadena agroalimentaria.

Como he comentado, la mecanización y automatización de los procesos de negocio han sido ejes principales de innovación en todos los eslabones de la cadena agroalimentaria: labores agrícolas en las explotaciones, industria transformadora y de confección, logística y distribución.

Sin embargo, este proceso no parece que vaya a parar en los próximos años, más bien todo lo contrario. Según un informe elaborado por EIT Food (Food foresight report in south Europe), el 91% de los fabricantes alimentarios españoles han acelerado su tasa de adquisición de tecnología durante 2020. Además, debemos añadir la aparición de nuevas herramientas que van a permitir nuevas aplicaciones de la tecnología en el sector agro: inteligencia artificial, machine learning, servicios cognitivos, mejoras en el IoT (Internet de las cosas), mejoras en la comunicación móvil con la aparición del 5G, ...

¿Cuál es la conclusión? La transformación digital del sector agrario se está produciendo y se va a acelerar en los próximos años.

1. Introducción

En el último año es la frase de moda en el mundo empresarial, pero ¿qué entendemos por transformación digital? Como primera definición podríamos decir que la transformación digital es la aplicación de la tecnología a los procesos de negocio de una organización, con el objetivo de conseguir una mayor eficiencia y competitividad de la empresa a nivel global.

La innovación tecnológica impulsa la necesidad de la digitalización en una empresa. No existe una sola herramienta o tecnología que permita la transformación digital, sino que existen múltiples opciones en función de las áreas de la organización que se desea digitalizar. Además, en muchas ocasiones, va a implicar un cambio en los procesos empresariales.

El sector agrario ha experimentado un cambio constante, a nivel tecnológico, durante los últimos veinte años, lo que le ha permitido consolidarse como un sector altamente competitivo dentro de un mercado globalizado como el actual. Aunque represente algo menos del 3% del PIB de España, sigue siendo un motor de la exportación española y en la generación de empleo. A ello se ha unido la creciente demanda del uso de la tecnología.

El 3 de febrero de 2020 el Gobierno de España publicó un informe sobre la estrategia de digitalización del sector agroalimentario, forestal y del medio rural, donde indicaba los siguientes objetivos (MAPA, 2019):

- Reducir la brecha digital, tanto la urbana-rural como la existente entre pequeñas y grandes empresas, persiguiendo que haya conectividad para todos. Para ello, se trabaja en la conectividad, con el objetivo de reducir la brecha digital física, de la infraestructura, y en la capacitación para reducir la brecha de adopción de las tecnologías.
- Fomentar el uso de datos como motor de impulso sectorial, abordando la interoperabilidad de datos del sector y la apertura de datos, entendiendo el concepto en sentido amplio, de manera que se fomente dicha apertura, tanto por parte de la Administración como en el ámbito de la investigación y del sector privado.

- Impulsar el desarrollo empresarial y los nuevos modelos de negocio, teniendo presente la Industria 4.0 y las oportunidades de diversificación económica que ofrecen las nuevas tecnologías. Para ello, es fundamental el fortalecimiento del ecosistema de innovación digital como aspecto clave para la modernización del sector, el asesoramiento para la adopción digital en los Sistemas de Conocimiento e Innovación agroalimentarios, forestales y del medio rural y en el fomento de nuevos modelos de negocio, que, en muchos casos, surge de la aplicación y adopción de tecnologías en determinados ámbitos.

En cuanto a la aplicación que esta transformación digital está teniendo sobre el sector agrario, deberíamos diferenciar diferentes tecnologías, así como diferentes áreas donde estas herramientas están aportando mejoras en el control y competitividad del negocio, así como en la colaboración entre los diferentes agentes que intervienen en el mismo.

El objetivo está siendo la sustitución de la intuición y el papel, por el uso de la tecnología y el análisis basado en la información (Figura 1).



Figura 1. Objetivo número uno de la digitalización del sector agrario: sustituir el uso del papel

Durante los últimos 15 años se ha vivido una creciente implicación de los empresarios agrícolas por el uso de la tecnología, con el objetivo de mejorar sus procesos, reducir sus costes productivos y, sobre todo, disponer de mejor información para poder tomar mejores decisiones. Esto cambio se ha debido a diversos factores:

- Cambio generacional y profesionalización de los puestos directivos, donde el acceso a la información cobra especial relevancia.
- Incremento de la competencia debido, por un lado, a la aparición de nuevos actores con motivo de la globalización, así como por la llegada de nuevos productos, tanto agrícolas como procesados, sustitutivos de los existentes.
- Incremento de los costes de mano de obra, electricidad, insumos, ... mientras que el precio final del producto se mantiene o devalúa.

2. Tecnología de producción

- Acercamiento de la tecnología a la vida cotidiana, lo que ha producido una “democratización” de la misma a nivel empresarial debido, en parte, a la reducción en los precios de la informática.
- Cambios legislativos que han supuesto la necesidad de inversión del sector en tecnologías de la información.
- Ayudas a la inversión en tecnología provenientes de fondos europeos, nacionales y de las respectivas comunidades autónomas con el objetivo de acercar la innovación al sector agroalimentario.
- La gran innovación tecnológica que se ha producido: mejoras en las características y rendimiento de hardware y dispositivos, mejoras en la infraestructura de comunicaciones que han permitido mejor velocidad y mayor cobertura de acceso a los datos, ...

2. La aparición de la trazabilidad automatizada

En 2005, hubo un cambio legislativo que provocó un cambio de paradigma en los sistemas de control en el campo y en las plantas de confección y, por ende, una inversión en tecnología muy importante.

El Reglamento (CE) nº 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, que tuvo como primer objetivo el de aproximar conceptos, principios y procedimientos de cara a la libre circulación de alimentos seguros y saludables, en su artículo 18, introdujo, por primera vez con carácter horizontal, para todas las empresas alimentarias y de piensos, la exigencia de disponer a partir del 1 de enero de 2005 de un sistema de trazabilidad, *“de los alimentos, los piensos, los animales destinados a la producción de alimentos y de cualquier otra sustancia destinada a ser incorporada en un alimento o un pienso, o con probabilidad de serlo”*.

Este Reglamento exigía que el sistema de archivo elegido por cada empresa debía permitir una rápida reacción ante la aparición de cualquier incidencia, lo que provocó que se tuvieran que añadir nuevas funcionalidades al sistema de control, provocando a su vez, inversiones en tecnología en plantas de confección y manipulado.

Según información extraída de la web del Gobierno de España en cuanto a la trazabilidad, *“cada empresa deberá disponer de un sistema de gestión documental que permita identificar y realizar un seguimiento de los productos que entran, permanecen y salen en su negocio de forma ágil, rápida y eficaz, con el fin de que ante una pérdida de seguridad del producto puedan adoptarse las medidas necesarias. Uno de los requisitos para alcanzar la finalidad de este sistema es la total implicación de todos los eslabones de la cadena alimentaria. La ruptura en la transmisión de información en cualquier punto implica la invalidez de todo el sistema, haciendo inútiles los esfuerzos realizados por el resto de los operadores”* (AESAN, 2005).

Para cumplir con esta nueva legislación, la empresa se tuvo que dotar de sistemas de identificación del producto (impresoras de etiquetas de código de barras), hardware para la captura del dato (pistolas de radiofrecuencia, escáneres fijos, ...) y software de planta que recogiera toda esta información y la integrara con el programa de gestión y facturación. Por otro lado, exigía al agricultor una documentación sobre los tratamientos aplicados en la explotación

agraria, riegos, abonados, servicios aplicados a la finca durante toda la campaña, la cual debía estar integrada con todo el proceso de trazabilidad.

Del mismo modo, esta necesidad de integrar esta información de trazabilidad con los sistemas actuales de la empresa y con el objetivo de no duplicar procesos, provocó una sustitución paulatina de los programas de gestión comercial, contabilidad, gestión de las explotaciones agrícolas, etc. (algunos de ellos muy obsoletos) por soluciones integradas de gestión ERP (Enterprise Resource Planning) que partían de la filosofía *del “dato único”*, de forma que todos los procesos de la empresa pasaban a estar integrados y donde los datos se compartían de forma global.

Este cambio conceptual produjo, no sólo una utilización de la tecnología para el cumplimiento de nuevas exigencias legales y del mercado, sino que fue también un instrumento para dotar de un mejor sistema de comunicación a la organización: control de existencias en la planta de producción, controles de calidad para mejorar el producto y su envasado, reducción de mermas, control de envases retornables, gestión de reclamaciones de clientes, ... En definitiva: mejorar la competitividad de la empresa.

3. La proliferación del uso del smartphone

Sin embargo, hay un elemento diferenciador en la transformación digital de las empresas que conocemos en la actualidad: el teléfono inteligente o smartphone. Aunque los smartphones tienen sus orígenes a finales de la década de los 2000, no es hasta el transcurso de la década de 2010 cuando se generalizan. Es ya en 2013 donde los smartphones superan en venta a los teléfonos convencionales.

Como indica Sarah Romero en *Historia del teléfono móvil* (Muy Interesante, 2016) *“El punto de inflexión en la tecnología del smartphone sin duda lo puso Steve Jobs con la creación del iPhone en 2007. Este nuevo dispositivo, completamente táctil y basado en la navegación por internet y el uso de las aplicaciones, revolucionó el concepto de teléfono móvil e hizo que toda la industria de este sector lo imitara”*.

El smartphone es concebido como un dispositivo móvil que combina las funciones de un teléfono móvil convencional y de un ordenador de bolsillo, pasando de una utilización únicamente para la realización de llamadas y envío de mensajes a una plataforma móvil con capacidad de almacenamiento de datos y capacidad de realizar diferentes tareas simultáneas.

Este uso generalizado del smartphone produce que la persona disponga siempre de un dispositivo que le va a permitir interactuar con el resto de las personas, así como con los datos de su empresa, surgiendo multitud de app's con una funcionalidad muy concreta y cuyo uso es muy sencillo, sin requerir formación ni servicios especializados por parte de una empresa tecnológica.

En el sector agrícola surgen multitud de aplicaciones para diferentes áreas de este (Figura 2). Para el control de las explotaciones agrícolas aparecen app's para la gestión de los costes en las fincas, las aplicaciones y tratamientos que se aplican a los cultivos, control de los trabajadores en el campo, incluso con localización en las parcelas en las que están trabajando, herramientas

para la apertura y control de los cabezales de riego, app para el control de la temperatura y ventilación en un invernadero, ... Un sinfín de funcionalidades que permiten gestionar las explotaciones agrícolas en tiempo real y desde la oficina o la propia casa.



Figura 2. La movilidad permite a un técnico fotografiar la calidad de la fruta y el aforamiento de la finca

Del mismo modo, se innova en aplicaciones sociales que permiten interactuar a la empresa con los agricultores. Las cooperativas agrícolas ofrecen a sus socios app's donde estos disponen de acceso desde su smartphone a los datos de sus parcelas, las entradas en kg que han realizado al centro de producción y su clasificación, las facturas por las liquidaciones de su cultivo, acceso a facturas pendientes de otros servicios de la cooperativa, ...

Igualmente, con la publicación del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, el nuevo Reglamento general de protección de datos (RGPD) pasaba a regular el tratamiento que debían realizar personas, empresas u organizaciones de los datos personales relacionados con personas en la Unión Europea (UE).

Con el objetivo de que la empresa se adecuara a este nuevo reglamento y mejorara la gestión de los datos de sus empleados, se potenció el uso del "*portal del empleado*" que permite una interacción más rápida y segura de los datos de carácter personal que se manejan entre la empresa y sus trabajadores: gestión de las nóminas y contratos, vacaciones, permisos, bajas por enfermedad, gestión de EPI's ... directamente desde el dispositivo móvil del empleado.

Del mismo modo, el uso de herramientas específicamente diseñadas para smartphone ha mejorado la gestión y la competitividad de las empresas agroalimentarias. Es cada vez mayor el uso que se le da a estos dispositivos en plantas de confección para mejorar sistemas de calidad, gestión de inventarios, picking, mantenimiento de maquinaria, gestión de incidencias y paradas de producción, ...

En definitiva, el uso generalizado del smartphone ha permitido una mejora en el manejo de la información relevante, tanto en las explotaciones agrícolas como en las plantas de confección y envasado. Han permitido que el trabajo se realice dónde y cuándo sea.

4. Una pandemia global: Covid-19 y el teletrabajo

Sin embargo, no sólo se ha aplicado la tecnología para el cumplimiento o mejora en la gestión de la información debido a exigencias legales como las comentadas anteriormente. También ha jugado un papel fundamental, en la transformación digital de las empresas, la pandemia sufrida en 2020 debido al Covid-19, que ha obligado a las empresas a reinventarse y preparar a sus equipos para el teletrabajo (Figura 3).



Figura 3. El teletrabajo mediante el confinamiento por el Covid-19

Un ejecutivo de Microsoft España me comentaba durante el mes de mayo de 2020 que, debido al Covid-19, la adopción de la tecnología en las empresas había sido muy grande. La transformación digital prevista para los dos próximos años en España se había producido en sólo tres meses de confinamiento.

Si focalizamos cómo ha afectado la pandemia al sector agrario y su transformación digital, podemos resaltar varias situaciones, sobre todo, teniendo en cuenta que el sector (incluso durante el confinamiento) fue declarado de primera necesidad.

El teletrabajo ha potenciado tanto medidas de seguridad como la adopción de nuevas tecnologías para el acceso de los empleados a los sistemas de información de la empresa, así como la comunicación entre los mismos.

En cuanto a medidas de seguridad, la empresa ha precisado de nuevos sistemas perimetrales informáticos que asegurara el acceso seguro de su empleado a la red corporativa, pero segmentando y securizando los sistemas a posibles ataques internos o intrusos. De este modo, los firewalls o cortafuegos, dispositivos a través de los cuales pasa todo el tráfico de red de la empresa y aceptan o deniegan el tráfico en base a unas reglas de acceso definidas, han sido los grandes protagonistas durante el confinamiento.

En su última guía sobre el gasto en seguridad, el IDC, International Data Corporation, pronostica que el mercado mundial de productos y servicios de seguridad experimentará un sólido crecimiento fruto de la inversión de las compañías en soluciones para cubrir la necesidad de proteger a unas plantillas más distribuidas por el teletrabajo y blindarse frente un amplio rango

2. Tecnología de producción

de amenazas de ciberseguridad. Una demanda constante impulsará el sólido crecimiento del mercado de seguridad (It User, 2020).

Por otro lado, el teletrabajo ha potenciado el uso de nuevas herramientas tecnológicas cuyo objetivo es mejorar la productividad de los empleados y de los procesos administrativos de la empresa: soluciones de comunicación unificada y oficina sin papeles son conceptos unidos al teletrabajo.

Debido a la ausencia física de los empleados en las instalaciones de la empresa agroalimentaria, se ha incrementado la demanda de tecnologías de comunicación unificada, que permiten al trabajador tener integrada la mensajería (chat y correo electrónico), telefonía, videoconferencia, ... con el resto de los empleados de la empresa, así como con clientes y/o proveedores. En definitiva, estar “en línea” con todo el ecosistema empresarial, permitiendo la colaboración entre los empleados independientemente del lugar donde se encuentren.

Y, por lo que parece, este cambio de paradigma de comunicación ha venido para quedarse. Según las predicciones de la consultora Gartner, para 2024, las reuniones en persona en las empresas serán solo el 25%, un 60% menos que antes de la pandemia, lo que llevará todavía a una mayor demanda de un acceso sencillo y cómodo a herramientas de videoconferencia y otras herramientas de colaboración (MuyComputerPRO, 2020).

Del mismo modo, el teletrabajo ha acelerado la implementación de soluciones de digitalización de los documentos con el objetivo de eliminar el archivo de documentación en formato papel y disponer del acceso a la información en cualquier momento y desde cualquier lugar. Es aquí donde ha cobrado especial relevancia la gestión documental, un sistema diseñado para almacenar, administrar y controlar el flujo de documentos que se maneja en una empresa.

Esta digitalización de los documentos está provocando una segunda oleada de soluciones relacionadas con la autenticación y securización de los documentos, lo que conlleva a la aplicación de la firma digital de documentos.

Como ejemplo indicar diversos casos prácticos que se están produciendo en el sector agrario en la actualidad y que tienen completa validez legal:

- Firma biométrica digital (firma manuscrita electrónica que se realiza en tabletas gráficas o smartphones) de contratos de trabajo a través del portal del empleado de la empresa, sin que se tenga la necesidad de presencia física en las instalaciones de la empresa.
- Contratos de fruta o verdura realizados, a través de smartphone, en la propia finca agrícola entre el corredor y el propietario de la explotación utilizando la firma biométrica digital.
- Envío de facturas de liquidación a los agricultores a través de correo electrónico y que incluyen la firma digital.
- ...

En definitiva, el uso de la tecnología facilita la realización de cualquier actividad empresarial, sin que sea necesaria la presencia física. Además, permite disponer al empleado, en cualquier lugar, de la información precisa en el momento oportuno.

5. La información es poder: el Big Data

El término Big Data lo utilizamos para describir el gran volumen de datos que genera una empresa todos los días, los cuales pueden estar estructurados o no. Lo relevante no es la cantidad de datos en sí, sino el uso que de ellos se hace para mejorar la toma de decisiones.

El avance tecnológico que hemos sufrido en los últimos quince años en cuanto a la mejora en la capacidad y el rendimiento de los servidores y ordenadores ha producido que se pueda transaccionar con los datos de una forma que no podíamos imaginar hace sólo unos años: un pc de sobremesa actual tiene mejor procesador, más memoria RAM y más capacidad de almacenamiento en el disco duro de lo que disponía hace quince años un servidor distribuido para una empresa que debía soportar el acceso de veinte usuarios.

En esta carrera por la mejora constante de las prestaciones de los pc's, el verdadero causante de la revolución informática europea fue el Sinclair ZX Spectrum (1982), equipado con un procesador Z80A a 3.5 Mhz, 16 o 48 Kb de memoria RAM, y gráficos a una resolución de 256x192 píxeles. Una máquina muy versátil hace 30 años, pese a que un PC actual tiene 4.000 veces más potencia, y 2 millones de veces más de memoria (Computer Hoy, 2014).

Pese que no hemos llegado a la previsión que hacía en 2017 el director e investigador de la unidad Big Data Analytics del Centro Tecnológico de Cataluña Eurecat, Marc Torrent en cuanto a la necesidad de 8.000 expertos en Big Data para el año 2020, el auge de herramientas de inteligencia de negocio para el mundo empresarial está siendo constante en los últimos años (Expansión, 2017).

El uso del Big Data en la agricultura ha revolucionado los sistemas de producción. La producción agrícola es muy compleja ya que intervienen factores externos e incontrolables a la propia explotación agrícola: temperatura, precipitaciones, humedad, plagas, acción humana, ... Los agricultores, cada vez más, utilizan tecnología de precisión (uso de GPS en los tractores, utilización de sensores IoT, de los que hablaré en el siguiente capítulo, monitorización de riegos, ...) que generan un gran volumen de información.

Los datos en sí mismos carecen de valor, por lo que se requiere del uso de consultores y analistas para que *“ordenen esos datos”* y proporcionen al agricultor información relevante para la mejora de sus procesos productivos: seguimiento de rendimientos en la producción y calidad en la cosecha, monitorización de las máquinas y las aplicaciones que realizan, gestión de los insumos necesarios en función de las necesidades del cultivo, protección de las cosechas ante plagas y problemas, control de los trabajos humanos realizados, ...

Los nuevos sistemas de gestión del conocimiento basados en la tecnología permiten capturar, almacenar, procesar y finalmente utilizar dichos datos. La información llega al agricultor de manera integral, sencilla y accesible, reduciendo así la incertidumbre y enfocando la toma de decisiones para el éxito (Figura 4).

La solución pasa por el impulso de las TICS, Tecnologías de la Información y la Comunicación, en pro de una agricultura inteligente en el ámbito de un negocio digital.

Como indica el artículo de Ainia, el análisis de la información que están facilitando soluciones como el Big Data, permiten al agricultor disponer de herramientas para controlar de una manera

más efectiva el momento de la cosecha, qué riegos y tratamientos aplicar, en qué fechas, qué cantidades, ... permitiendo un mejor control en las prácticas agrícolas para conseguir una cosecha de mejor calidad, un ahorro en los costes de producción, una eficiencia en el consumo de agua y de insumos, ... (Ainia, 2016)



Figura 4. Un técnico dispone de un análisis detallado de su cultivo en tiempo real desde el propio invernadero

Sin embargo, este uso generalizado del Big Data no sólo está siendo útil para la mejora de los procesos de producción en las explotaciones agrícolas. Se está aplicando, de igual forma, al resto de la cadena alimentaria.

Los centros de confección y envasado de los productos agroalimentarios disponen de una gran mecanización en toda la planta de producción. Estas máquinas (calibradores electrónicos, PLC's, básculas, flejadoras automáticas, ...) también proporcionan gran información que, bien gestionada, permiten una mejor optimización del proceso productivo.

Por ejemplo, una eficiente información relativa a los calibres, calidades y colores de la fruta van a permitir una correcta planificación de la producción en la planta de confeccionado, lo que redundará en una optimización de los procesos y reducción de los costes de producción. Del mismo modo, una gestión de las reclamaciones de los clientes y los motivos de estas permiten a la empresa gestionar rentabilidades de los clientes, de los tipos de confección, variedades, ... así como un análisis entre los ingresos estimados y previstos.

Como resumen de lo que aporta a la empresa agroalimentaria la introducción del Big Data en la toma de decisiones, un artículo de Pablo Palencia Garrido-Lestache: *“un proyecto de Business Intelligence trabaja con la empresa en la información generada por el negocio en su actividad diaria para, a través de herramientas de almacenaje, extracción y tratamiento, transformar esos datos primarios en conocimiento e información útil para evaluar el negocio (medición real y objetiva del retorno de la inversión, mejora en la focalización de los esfuerzos y presupuestos asignados, comparación directa del rendimiento de ventas y del esfuerzo realizado en marketing, mayor precisión en la identificación del target, mejora de la productividad, etc.), y así poder tomar decisiones para la mejora del negocio”* (La Razón, 2021).

6. IoT “Internet of Things” o Internet de las cosas

Definimos agricultura inteligente como la adopción de las últimas novedades en tecnologías de la información con el objetivo de controlar, automatizar y mejorar las operaciones y los procesos en las explotaciones agrícolas. No existe agricultura inteligente sin la aparición del IoT aplicado al sector agro.

El IoT se define como la conexión de dispositivos a través de una red y/o Internet con el objetivo de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas.

Un estudio del profesor Javier San Martín María para EAE Business School, Agricultura & Tecnología. I+D en el sector primario de marzo de 2019, pronosticaba un incremento del uso de dispositivos en la agricultura de un 30,6% para el año 2020, incrementándose un 48% en 2023 (EAE Business School, 2019).

Hace mucho tiempo que existen sensores capaces de medir las características del suelo, el aire y el agua, y que permiten transmitir estos datos a sistemas de información. También válvulas y mecanismos automáticos para el riego o la dosificación de abonos o pesticidas, entre otras cosas. Asimismo, los agricultores llevan tiempo apoyándose en información externa como los partes meteorológicos más avanzados, que les permiten actuar frente a situaciones de riesgo, como las tormentas de granizo y otras condiciones climáticas adversas.

Todas estas mejoras son muy útiles, pero hasta hace relativamente poco no se podían integrar en un ecosistema digital moderno que proporcionase información y capacidades de administración integradas. Esto es algo que el concepto de IoT está haciendo realidad, gracias a toda una nueva generación de tecnologías conectadas y de plataformas digitales, que ahora permiten a los agricultores plantearse estrategias de automatización viables (It Trends, 2020).

El uso de dispositivos IoT para la monitorización en línea de los cultivos, mediante sensores alta precisión, permite al técnico de campo o agricultor, optimizar el proceso productivo de sus plantaciones agrícolas. Estos dispositivos de humedad, temperatura, nutrientes, pluviómetros, ... recopilan información de las condiciones de la finca y el cultivo y, mediante un software de análisis, facilitan la optimización de recursos como riego y fertilización.

En función del dispositivo IoT que usemos-sensor de suelo, de ambiente, de radiación solar, pluviómetro, anemómetro, dendrómetro, ...-, dispondremos de información esencial para la gestión de la explotación agrícola (Figura 5):

- Optimización de riego
- Eliminación de residuos en el suelo
- Aportación de nutrientes al cultivo
- Condiciones ambientales y del suelo
- Histórico de datos de campañas anteriores

El manejo correcto de dicha información mediante herramientas de Big Data va a permitir una optimización de los insumos utilizados, un ahorro de los costes de producción, un control detallado de la calidad de la cosecha en función de las aplicaciones realizadas al cultivo, prevención de enfermedades, acción rápida contra posibles plagas, ... En definitiva, un elemento esencial para la agricultura de precisión, técnica de gestión de la explotación agrícola basada en

medir y analizar la evolución del proceso agrícola y actuar en el momento óptimo para su aplicación durante todo el ciclo de cada cultivo.



Figura 5. Control total de las condiciones ambientales de la explotación agrícola

7. Transformación digital, ¿qué nos depara el futuro?

Como he transmitido, la innovación tecnológica que se ha producido en los últimos 20 años en la sociedad ha permitido que el mundo empresarial, y el agroalimentario en particular, utilice la tecnología como un instrumento para mejorar sus procesos productivos, su capacidad competitiva y el análisis de la información relevante en tiempo real, facilitando la toma de decisiones de todos los agentes que intervienen en el mundo agrícola.

Sin embargo, ese camino hacia la transformación digital no ha hecho más que empezar. El presente ya nos depara nuevas soluciones y dispositivos que nos va a proporcionar, más si cabe, una concepción de la tecnología como la herramienta competir mejor y liderar nuestra estrategia empresarial.

A continuación, enumero determinados términos tecnológicos que ya se están aplicando en el mundo agrícola, pero que, en los próximos años, van a mejorar sus aplicaciones en el sector agro:

- Cloud computing
- Inteligencia artificial
- Machine learning
- Uso avanzado de drones
- Mejoras en las comunicaciones móviles a través de la comunicación 5G

Sobre Gregal Soluciones

Gregal Soluciones, como empresa de tecnologías de la información focalizada en la prestación de soluciones de negocio que mejoren la competitividad de las empresas agroalimentarias, tiene

como misión acompañar a las empresas del sector agro en su transformación digital, ayudándoles a gestionar mejor sus recursos y capacidades.

Tiene como objetivo, el poner al alcance de la empresa agrícola las herramientas que le permitan agilizar sus procesos de negocio, mejorar la relación con sus clientes, trabajadores y proveedores, e integrar la gestión de sus áreas de trabajo, lo que se traduce en una optimización de los recursos, en una mayor capacidad para la toma de decisiones y, en definitiva, en una reducción de costes para su empresa.

Conscientes de la importancia de los proyectos que realiza para sus clientes, su máxima preocupación es proteger la inversión en tecnología realizada por el cliente, finalizando con éxito el proyecto que se ha emprendido. Con la alta cualificación y experiencia del equipo humano, consigue que los clientes queden satisfechos con la solución implantada.

Con más de 200 clientes agrícolas a lo largo de todo el territorio nacional, y un equipo multidisciplinar formado por más de 45 profesionales, ofrece soluciones globales para un mercado global: ERP (Enterprise Resource Planning), CRM (Customer Relationship Management), herramientas de análisis e inteligencia de negocio, app's y movilidad, modernización del puesto de trabajo con herramientas de colaboración y comunicación unificada, herramientas de RRHH (nóminas, portal del empleado, candidato, control horario, geolocalización, formación, vigilancia de la salud, ...), gestión documental, soluciones de seguridad e infraestructura, soluciones de producción y mejora de la productividad, gestión de la calidad, marketing digital, inteligencia de negocio,...

Como expertos en el negocio agroalimentario cuenta con soluciones para empresas que se dedican a la gestión de explotaciones agrícolas, centrales agroalimentarias, cooperativas, agencias e intermediarios hortofrutícolas,almazaras, empresas dedicadas a la comercialización de productos fitosanitarios y que prestan servicios agrícolas, semilleros, viveros, ETT especializadas en la contratación de personal agrícola para el campo, subastas, ...

Siguiendo con el camino emprendido por los grandes fabricantes tecnológicos a nivel mundial (Gold Certified Partner of Microsoft entre otros), ha dirigido todas sus soluciones, con el objetivo de adaptarse a la necesidad de cada cliente, hacia el modelo de suscripción (pago por uso) en la nube.

Participa en proyectos de I+D+I a nivel nacional y europeo colaborando con los principales agentes nacionales de la cadena agroalimentaria con el objetivo de resolver, a través de la tecnología, los puntos críticos del proceso de gestión de la empresa: desde el campo hasta el cliente final, dotando a los decisores de negocio la información precisa en el momento oportuno.

Bibliografía

AESAN. (2005). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Para saber más sobre seguridad alimentaria. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/para_el_consumidor/ampliacion/trazabilidad.htm. Acceso: 26 de julio de 2021

2. Tecnología de producción

- Ainia (2016). Big Data y agricultura de precisión, cómo reducir los riesgos en la producción de alimentos agropecuarios. <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/big-data-y-agricultura-de-precision-como-reducir-los-riesgos-en-la-produccion-de-alimentos-agropecuarios/> Acceso: 8 de febrero de 2021.
- Computer Hoy (2014) 30 años de informática doméstica en España. <https://computerhoy.com/noticias/hardware/30-anos-informatica-domestica-espana-21257> Acceso: 8 de febrero de 2021.
- EAE Business School (2019). Agricultura y tecnología. I+D en el sector primario. http://marketing.eae.es/prensa/SRC_TecnologiaAgricultura.pdf Acceso: 11 de enero de 2021.
- Expansión (2017). España necesitará 8 millones de expertos en Big Data en 2020. https://www.expansion.com/economia-digital/2017/11/05/59fee889268e3ea9748b463d.html?cid=SMBOSO22801&s_kw=twitter Acceso: 1 de febrero de 2021.
- It Trends (2020) Ventajas que ofrece IoT en el sector agrario. <https://www.ittrends.es/infraestructura/2020/06/ventajas-que-ofrece-iot-en-el-sector-agrario> Acceso: 11 de enero de 2021.
- It User (2020). Una demanda constante impulsará el sólido crecimiento del mercado de seguridad. <https://www.ituser.es/seguridad/2020/08/una-demanda-constante-impulsara-el-solido-crecimiento-del-mercado-de-seguridad> Acceso: 17 diciembre 2020.
- La Razón (2021). La era digital ha llegado a la industria agroalimentaria. <https://www.larazon.es/economia/20210108/n6e3m3yrzbbujb6kc7pqvuts7a.html> Acceso: 8 de febrero de 2021.
- MAPA (2019). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Estrategia de digitalización del sector agroalimentario y forestal y del medio rural. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/estrategia_digitalizacion_sector_agroalimentario_forestal_medio_rural_ve_tcm30-509645.pdf Acceso: 12 de diciembre de 2020.
- Muy Interesante (2016). Historia del teléfono. <https://www.muyinteresante.es/tecnologia/fotos/historia-del-telefono-movil/hh> Acceso: 26 de julio de 2021
- MuyComputerPRO (2020) El gasto en sistemas de teleconferencia en la nube para usuario final subirá un 24,3% en 2020. <https://www.muycomputerpro.com/2020/06/02/gasto-teleconferencia-nube-2020-gartner/amp> Acceso: 8 de febrero de 2021.

2.17. Redes de sensores inalámbricos de clima, suelo y planta

Francesc Ferrer Alegre^{1*} y Albert Roselló Martínez²

* francesc@lab-ferrer.com

¹LabFerrer

²agZOOM-Smart Water point

Índice

1.	Introducción y alcance del capítulo	2
2.	Modelo conceptual y diseño de una instalación de sensores	4
3.	Sensores y sondas	5
3.1.	Contenido de agua del suelo	5
3.2.	Potencial hídrico del suelo	7
3.3.	Estado hídrico del cultivo	8
3.4.	Clima	10
3.5.	Agua	11
4.	Tipología de Redes Inalámbricas de Sensores (RIS) y conectividad	13
5.	Factores a valorar en la selección de una plataforma IoT de sensores	14

Resumen

Este capítulo dedicado a las Redes Inalámbricas de Sensores (RIS) describe el estado del arte de los sensores, sistemas de adquisición de datos y conectividad. No se comentan aspectos de gestión de base de datos, lenguaje y entornos de programación, organización de interfases de usuario, ni de dispositivos (PC, Tablet, móvil). Tampoco se entra en el tema de actuadores (programadores de fertirriego y control de invernaderos) ni tampoco de algoritmos embebidos para simplificar la interpretación de la información. El presente capítulo no es una descripción detallada de sensores, sistemas de adquisición de datos, tipos de conectividad y de herramientas de ayuda a la toma de decisiones (DSS). No tiene un enfoque tecnológico y está pensado para que el ingeniero agrónomo responsable de implementar un sistema de monitorización en finca y de utilizar los datos para DSS entienda los factores que hay que valorar en el momento de escoger un proveedor u otro. La aplicación principal de las Redes Inalámbricas de sensores es la programación del fertirriego, la monitorización del clima y control del microclima (invernaderos), la relación con el desarrollo y crecimiento del cultivo (heladas, horas frío, integral térmica, DPV, temperatura, etc.), así como el uso de datos climáticos para predecir el desarrollo de enfermedades fúngicas.

1. Introducción y alcance del capítulo

Una red inalámbrica de sensores (RIS) o en inglés, *Wireless Sensor Network (WSN)*, es un conjunto de puntos de medida con sensores, que registran datos a tiempo real y que a través de plataformas IoT en la nube (Internet de las Cosas) configuran herramientas digitales para la toma de decisiones (DSS) y automatismos (Figura 1).



Figura 1. Esquema de una Red Inalámbrica de Sensores (RIS). Fuente: www.safsampling.com

La presencia de redes públicas o privadas de sensores ambientales es una realidad en fincas agrícolas, proyectos de investigación y servicios públicos. Las redes de estaciones de la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), y los sistemas de información agroclimática para el regadío (SIAR) vinculados a las CCAA (Comunidades Autónomas) son de uso generalizado para el cálculo de las necesidades netas de riego (normalmente, $\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$ o $\text{mm}\cdot\text{sem}^{-1}$). Los datos climáticos de las estaciones públicas también se utilizan para el uso de modelos de enfermedades fúngicas, cálculo de horas frío, heladas y alertas. También hay redes globales, como el proyecto TAHMO (www.tahmo.org).

En los últimos diez años, el uso de sensores y plataformas IoT en finca para la gestión del fertirriego, seguimiento del micro-clima o avisos fitosanitarios se ha multiplicado por cuatro. Actualmente, en el mercado existe un gran abanico de soluciones y plataformas IoT que ofrecen diferentes combinaciones e integraciones de sensores, dataloggers y posibilidades de gestión y visualización de información.

La cara visible de una red inalámbrica de sensores es el software que constituye la DSS para ajustar la programación del fertirriego, los tratamientos fitosanitarios, sistemas de protección de heladas, uso de mantas térmicas, el micro-clima del invernadero (apertura y cierre de ventanas y encalado), manejo de la poda en verde y del aclareo, horas frío y floración, luz artificial y respuesta de la planta, entre otros.

El software de gestión será una solución integral con distintos componentes, como son, los propios sensores, los puntos de medida, la conectividad o telemetría, la base de datos en la nube y la interfase de usuario a través de la web o de aplicaciones para dispositivos móviles. La interacción entre distintas plataformas a través de APIs permite combinar distintos componentes y aplicaciones a nivel de la nube y de software de usuario, como ERP (*Enterprise Resource Planning*) visores de monitorización, cuadernos de campo, mapas digitales y satelitales, modelos predictivos y la automatización de actuadores como los programadores de riego y el control climático de invernaderos y cámaras de cultivo.

En una finca se pueden definir los diagramas de flujo del producto y de la toma de decisiones. El diagrama de flujo de los productos (*Product's Flow chart*) está relacionado con el Sistema de Garantía de Calidad (SGQ), las operaciones, los planes de trabajo del cultivo, los consumos, la seguridad (APCC) y el cálculo de la huella de producto y de organización según la metodología ACV (Análisis del Ciclo de Vida).

Desde el punto de vista de la toma de decisiones, se puede definir el diagrama de decisiones, funcionalidad y operatividad de las personas (*User Story Mapping*). Las decisiones, basadas en datos, pueden ser estratégicas, tácticas, en base a normas heurísticas y automatizadas. Las personas pueden corresponder a operarios, gerencia o personas con funciones técnicas de producción, calidad, comercial, operaciones, IoT, principalmente.

Una red de sensores inalámbricos y su correspondiente plataforma IoT debe integrarse y mejorar la toma de decisiones y el proceso productivo. Para que los datos procedentes de los sensores tengan utilidad campaña tras campaña, es necesario que funcione el ciclo de conocimiento. Esto es, que los datos registrados tengan sentido y calidad, que proporcionen información (interpretación), que sirvan para adquirir experiencia (sabiduría, *wisdom* en inglés), que haya unas reglas de decisión y que permitan reflejar los efectos del manejo y el clima, específicamente para cada combinación de suelo x microclima x manejo. Según Majszhik *et al.* (2011) la implementación de una RIS, Red Inalámbrica de Sensores, en horticultura intensiva tiene beneficios tanto ambientales como económicos.



Figura 2. Servicio de acompañamiento de una empresa especializada para asegurar la calidad de los datos, el mantenimiento y la resolución de incidencias. Fuente: www.safsamplimg.com

Para conseguir implementar este ciclo de conocimiento dentro de una empresa, una solución de RIS (WSN) tiene que ir acompañada de un servicio de apoyo o acompañamiento (Figura 2). Es un proceso iterativo que necesita formación continuada, servicio técnico eficaz, interacción con investigadores y profesores, combinación de diferentes fuentes de información, identificación de las interacciones con el sistema de cultivo, registro y el Sistema de Gestión de Calidad, entre otros.

2. Modelo conceptual y diseño de una instalación de sensores

Una finca se organiza en parcelas y en unidades de paisaje agroclimáticas. Los sensores de planta y de suelo se instalan físicamente en puntos concretos geo-referenciados dentro de la parcela, y miden un volumen representativo de suelo (ej.: humedad de suelo), una planta o una superficie de canopia (m^2). Por ejemplo, un sensor capacitivo TEROS 12 (METER Group) de humedad del suelo tiene un volumen de exploración de un litro.

Una parcela no es homogénea y, por tanto, al instalar los sensores in situ habrá que considerar las Zonas Homogéneas de Manejo (ZHM). La Figura 3 muestra una parcela de vid con dos ZHM establecidas a partir de imágenes del paisaje, sondeo de suelo con barrena y visita presencial. El punto de medida (P) corresponde al punto donde se instaló un datalogger con conectividad celular, un contador en la línea porta-goteros para el riego, tres sondas de potencial hídrico del suelo TEROS 21 (METER Group) y dos sondas de contenido de humedad TEROS 12 (METER Group) a 15, 30 y 50 cm de profundidad.



Figura 3. Zonas Homogéneas de Manejo (ZHM) en una parcela de vid de 1,9 ha y localización del punto con sondas de potencial hídrico y contenido de agua del suelo para la gestión del riego

Para poder interpretar los datos de humedad del suelo y ajustar el programa de riego, es necesario que la dinámica de la humedad en cada profundidad (expresada en contenido volumétrico o potencial), medida por cada sonda, responda a los riegos+lluvia y a la absorción de agua según la demanda hídrica y la distribución de raíces. Si el punto con sondas está bien

diseñado e instalado, la interpretación de los datos será representativo de la dinámica hídrica de la ZHM y válido para la toma de decisiones de riego.

Una Red Inalámbrica de Sensores (RIS o WSN) se compone de:

- Sensores: de clima, planta, suelo o agua
- Sistema de adquisición de datos: dataloggers, nodos de sensores, módulo central o coordinador (Gateway)
- Conectividad con la nube: Celular, LPWAN (Sigfox, LoRa), RF
- Base de datos
- Software de Usuario o Herramienta de Ayuda a la toma de decisiones (DSS)

La Figura 4 muestra un posible diseño para un invernadero con pimientos. El esquema muestra la zona húmeda y la zona de acumulación de sales. En este caso se colocaron tres sondas de humedad y conductividad eléctrica (CE) a 15, 30 y 45 cm dentro del bulbo húmedo. Se instalaron también un contador de agua y un sensor de CE del agua del riego para controlar el volumen y la CE de cada riego. El intervalo de medida era de 15 min y la actualización al servidor cada hora.

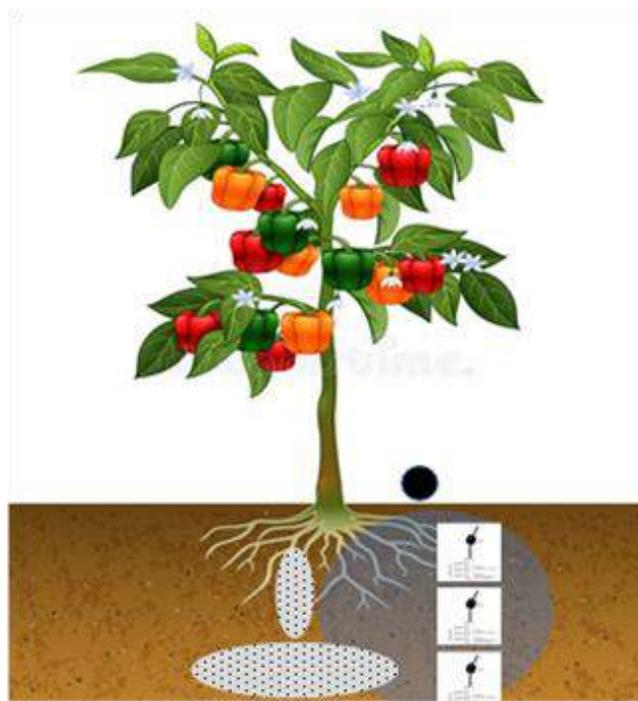


Figura 4. Esquema de instalación de sondas de humedad y CE del bulbo húmedo en una parcela de pimientos en invernadero

3. Sensores y sondas

En este artículo se citan los fabricantes y los modelos de sensores más extendidos en el mercado, actualmente, con una relación calidad/precio suficiente para poder ser integradas con garantía en una DSS. Es recomendable utilizar sensores de calidad científica cuando hay que tomar decisiones en agricultura profesional. La selección no es exhaustiva y se ha basado también en la disponibilidad de información, especificaciones y referencias bibliográficas proporcionadas por el fabricante.

3.1. Contenido de agua del suelo

La humedad del suelo se puede medir y expresar como cantidad de agua o como la energía con la que el agua está retenida en la matriz del suelo. En el primer caso se habla de Contenido Volumétrico de Agua (CVA o θ , %vol, $100\cdot\text{m}^3$ agua· m^{-3} suelo) y en el segundo caso de Potencial Hídrico del suelo (PHS o Ψ , cbar o kPa).

Es muy importante la interpretación de los datos de CVA y PHS para establecer umbrales de decisión para cada cultivo y situación específica. Hay que tener en cuenta la experiencia de cada técnico y las referencias bibliográficas existentes como Thompson *et al.* (2007), Allen *et al.* (2006) y Zotarelli *et al.* (2019). También, Iturria *et al.* (2019) realiza una comparativa entre distintos modelos de sondas dieléctricas de humedad.

A escala global, hay varios fabricantes y modelos de sondas de humedad del suelo que se basan en la medida de la constante dieléctrica del suelo (ϵ). Los tres tipos principales de sensores dieléctricos son los Capacitivos, FDR y TDR. Campbell *et al.* (2019) realizan una explicación sobre la diferencia entre dichas tecnologías.

Los sensores de humedad basados en la resistencia eléctrica (Figura 5) son mucho más baratos y responden a cambios de humedad, pero son muy sensibles a la salinidad del suelo y tienen un error de medida significativo. Su uso no es recomendable para sistemas de RIS en agricultura profesional.

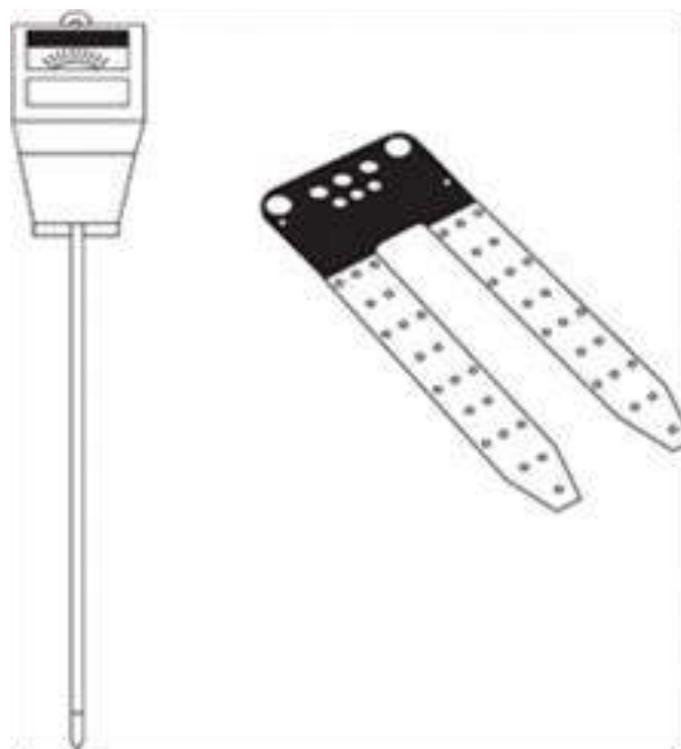


Figura 5. Sensores de humedad del suelo basados en la resistencia eléctrica. Fuente: www.metergroup.com

La capacidad de un sensor dieléctrico para realizar medidas exactas y precisas de la humedad del suelo depende de:

- Error de medida de la constante dieléctrica

- Error de la curva de calibración genérica y/o específica que utiliza el sensor para convertir la salida eléctrica (RAW) en CVA (%vol)
- Sensibilidad a la salinidad del suelo

La Figura 6 muestra las funciones de calibración genéricas de la sonda TERSO 12 (METER Group) para suelo mineral y tres tipos de sustrato (turba-perlita, fibra de coco y lana de roca).

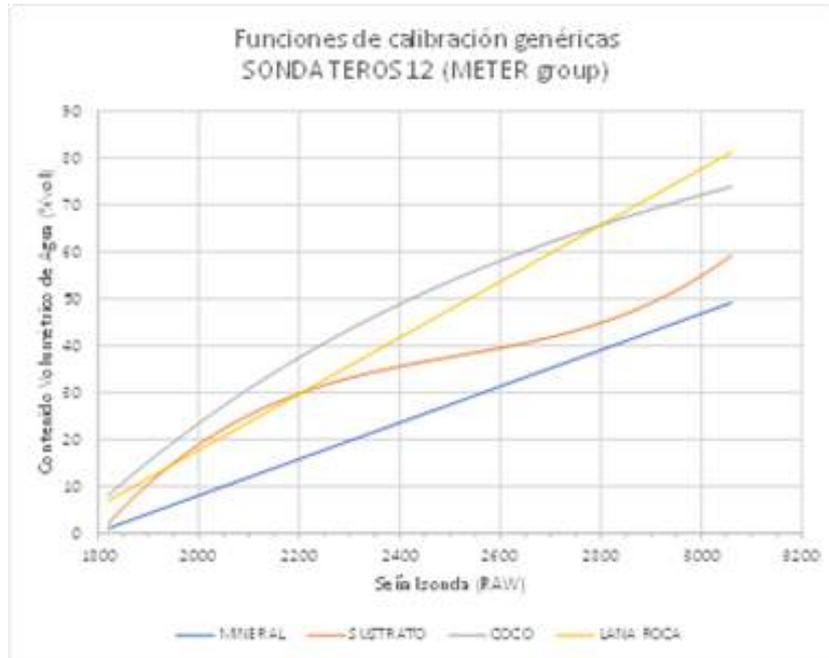


Figura 6. Funciones de calibración específicas de la sonda TERSO 12 (METER Group)

Para que la medida del sensor sea representativa de la humedad de un volumen de suelo o sustrato, hay que tener en cuenta los siguientes factores

- Volumen de exploración del sensor: a mayor volumen, más representatividad (Figura 7)
- Correcta instalación del sensor, asegurando el buen contacto entre la sonda y la matriz del suelo y la compactación adecuada alrededor del sensor
- La sensibilidad de la sonda a cambios del contenido volumétrico de agua (%vol, $100\cdot m^3$ agua $\cdot m^{-3}$ suelo).

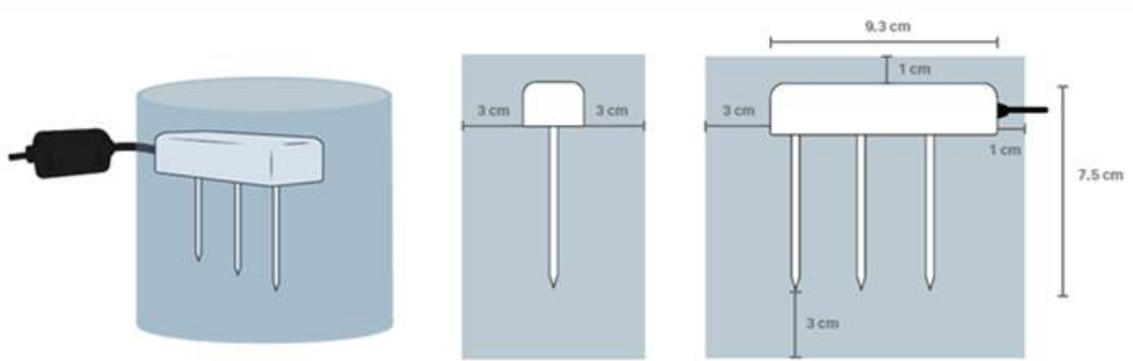


Figura 7. Volumen de influencia de la sonda TERSO 12 (METER Group). 1.010 mL

En todo caso, el fabricante debe proveer información sobre las funciones de calibración, error de medida, sensibilidad a la salinidad y buenas prácticas de instalación.

2. Tecnología de producción

Un sensor capacitivo que mide el Contenido Volumétrico de Agua (CVA, %vol) puede incorporar un sensor de temperatura y de Conductividad Eléctrica (CE, dS/m).

Cada vez es más frecuente el uso de sensores que miden la humedad y la conductividad eléctrica (CE) de la solución del suelo o de un sustrato. Medir la CE de la solución del suelo (CE_{pw}) no es una medida fácil y se utilizan distintas tecnologías y modelos. Por ejemplo, la sonda TEROS 12 (METER Group) mide la CE aparente del suelo (CE_b) con dos electrodos y utiliza el modelo teórico de Hillhorst (2000) para obtener el valor de CE en la solución del suelo (CE_{pw}). Este método funciona principalmente cuando la humedad del suelo o del sustrato son mediano-altas. Posteriormente, conociendo la porosidad del suelo se puede calcular la CE de saturación (CE_e) a partir de CE_{pw} . Para más detalles, se puede consultar la información disponible en el blog de Ferrer (2020a).

Las sondas de humedad del suelo se pueden clasificar en modulares y de perfil:

Modulares: para suelo y sustratos. Sensores individuales

- TEROS METER Group www.metergroup.com (USA)
- HYDROPROBE Stevens Water <https://stevenswater.com> (USA)
- Thetaprobe DELTA-T <https://delta-t.co.uk> (Reino Unido)

De perfil: para suelo. Varilla o tubo con sensores integrados colocados a profundidades fijas

- ENVIROPRO Entelechy Pty Ltd <https://enviropsoilprobes.com> (Australia)
- AQUACHECK <https://aquacheck.co.za> (Sudáfrica)
- Enviroscan SENTEK <https://sentektechnologies.com> (Australia)

3.2. Potencial hídrico del suelo

La Tabla 1 muestra los tipos de sondas de potencial hídrico de suelo (PHS), el intervalo de medida y su aplicación preferente.

El PHS se expresa en unidades de presión. A nivel de conversión: 1 cbar = 1 kPa

Tabla 1. Sondas de Potencial Hídrico de Suelo (PHS)

Tipo de sonda	Características
Tensiómetro	Intervalo: 0 a -85cbar Para gestionar el riego en la zona de fácil disponibilidad de agua (ej.: Hortícolas)
Chamaleon sensor (via.farm)	Matriz granular con envoltura de yeso Intervalo: 0 a -100 kPa Alta resolución en el intervalo 0 a -50 kPa
Watermark	Bloque de matriz granular Intervalo: -30 a -200 kPa Para regular estrés moderado
Bloque de yeso	Intervalo: -30 a -1500 kPa Para regular estrés moderado-medio
TEROS 21 Gen 2 (METER Group) (Figura 8)	Intervalo: -5 a 1000.000 kPa Utilizable en todo tipo de condiciones

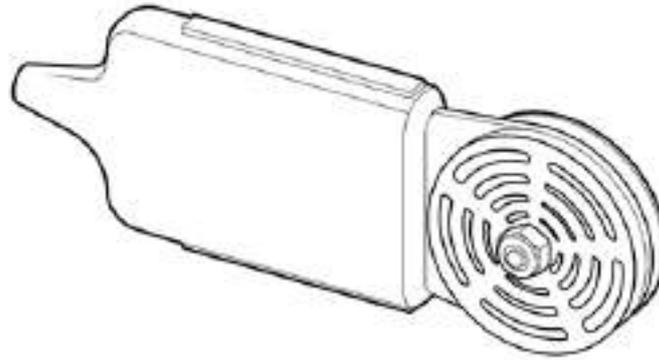


Figura 8. Sensor de potencial hídrico de suelo TEROS 21 Gen 2 de intervalo de medida muy amplio (www.metergroup.com)

3.3. Estado hídrico del cultivo

Los sensores de estado hídrico de la planta miden un parámetro que directa o indirectamente es indicador del grado de estrés hídrico de la planta. El grado de estrés tiene un impacto diferencial sobre la tasa de crecimiento y acumulación de biomasa, los componentes del rendimiento y calidad, acumulación de azúcares, patologías fisiológicas (necrosis apical de frutos) y sobre fases críticas del desarrollo. Establecer relaciones causa-efecto no siempre es evidente y requiere experimentación in situ combinando diferentes datos y modelos de interpretación.

En todos los casos es necesario establecer unos valores del indicador de estrés para condiciones bien regadas (sin estrés) y su variación respecto a las condiciones ambientales como DPV, ETo o radiación solar.

También hay que tener en cuenta el comportamiento fisiológico de cada variedad (Isohídrico vs. Anisohídrico) según Tardieu y Simonneau (1998) y las variaciones diurnas y estacionales de cada indicador de estrés (Winkel y Rambal, 1993)

Sensor de potencial hídrico de tallo

Medida directa del potencial hídrico de tallo de la planta. Se aplica en cultivos leñosos y es complementario a las medidas puntuales de potencial de hoja o tallo realizadas con cámara de presión.

- FloraPulse www.florapulse.com (USA)
- Saturas www.saturas-ag.com (Israel)

Estos sensores son relativamente recientes y requieren una validación por parte del usuario antes de plantear proyectos de mayor alcance

Termómetro de infrarrojos

Termómetro de infrarrojos que mide la temperatura superficial del dosel vegetal. La diferencia entre la temperatura del dosel y la del aire ($T_{\text{canopy}} - T_{\text{aire}}$) en relación con el Déficit de Presión de Vapor (DPV, kPa) permite calcular un indicador relativo del grado de estrés de la planta (Abdelmoneim *et al.*, 2020) (Figura 9).

Uno de los termómetros más utilizados en investigación y en agricultura comercial es el termómetro de infrarrojos del fabricante Apogee Instruments (www.apogeeinstruments.com) (Figura 10).

Un termómetro de infrarrojo (Modelo SI-411, Apogee Instruments) con un ángulo de visión 22° (1/2 FOV), colocado a 1 m sobre la planta y una inclinación de 45°, monitoriza 1,9 m² de cubierta vegetal para estimar el índice de estrés del cultivo (CWSI) de la parcela y <https://www.apogeeinstruments.com/irr-calculators/>

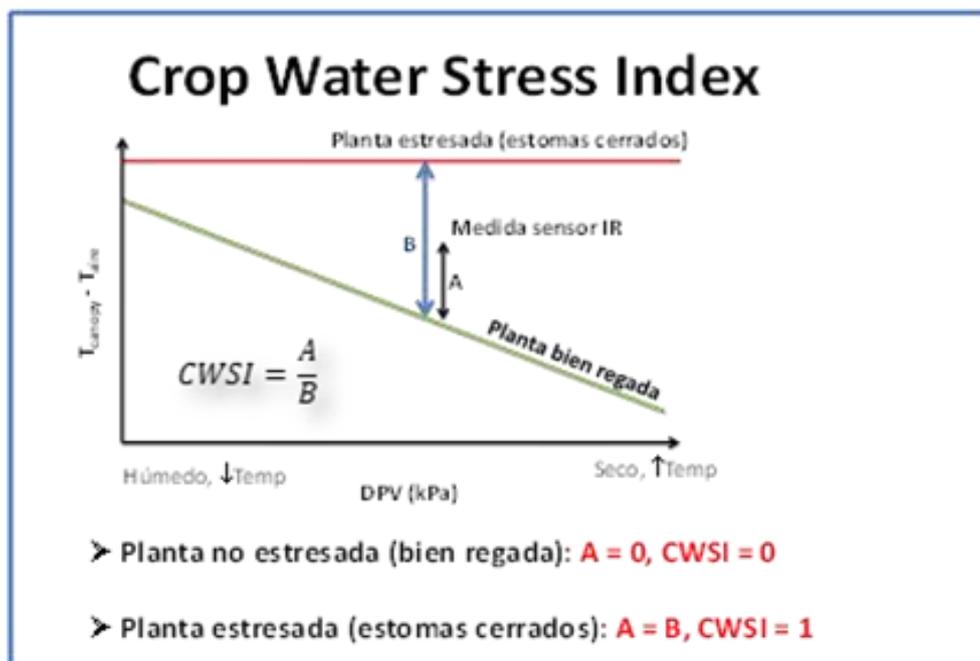


Figura 9. Modelo de cálculo del Crop Water Stress Index (CWSI)



Figura 10. Termómetro de infrarrojos de Apogee Instruments

Dendrómetro

Sensor que mide las oscilaciones del diámetro de tallo o de fruto. A mayor oscilación diaria del tallo, mayor desajuste entre la absorción de agua por parte del sistema radicular y la transpiración (evaporación de agua en forma de vapor a través de los estomas).

- Ecomatik (www.ecomatik.de)
- Emsbrno (www.emsbrno.cz)

Sensor de turgencia de hoja

Sensor que mide la presión de turgencia de la hoja. La turgencia de las células de la hoja está relacionada con la tasa de crecimiento de la planta y el grado de estrés.

- Sensor ZIM YARA (www.yara.com)

Sensor de humectación de hoja

Los nuevos sensores de humectación de hoja son capacitivos y tienen una alta sensibilidad a la presencia de agua en su superficie, debido a la condensación y formación de rocío o debido a las gotas de lluvia. Para obtener medidas fiables y repetibles del tiempo de humectación (minutos) es necesario que el sensor tenga un balance de energía similar al de una hoja real y sistematizar la colocación de dicho sensor. Hay que especificar la inclinación (normalmente 45°), la orientación, la altura en relación al cultivo y la posición interior-exterior respecto a las hojas.

La duración de la humectación de la hoja ($\text{min}\cdot\text{día}^{-1}$) se utiliza junto con la pluviometría y la temperatura y Humedad Relativa del aire para predecir el desarrollo de enfermedades fúngicas, como por ejemplo el oídio, mildiu, estemfiliosis, botritis o antracnosis. La Figura 11 muestra el sensor PHYTOS 31 de METER Group.



Figura 11. Sensor PHYTOS 31 de humectación de hoja (METER Group)

3.4. Clima

Piranómetro

Sensor de radiación solar (St , $W\cdot m^{-2}$) para estaciones agroclimáticas y el cálculo de la Evapotranspiración de referencia (ET_o). Normalmente se utiliza el sensor de célula de silíceo. Para más información, se puede consultar el vídeo de YouTube de Ferrer (2021).

Sensor de radiación PAR: DLI y PPFD

Especialmente indicado para invernaderos y cámaras con luz artificial. El sensor proporciona medidas de intensidad de luz PAR (PPFD, $\mu\text{mol fotonos PAR}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) y de la Integral Diaria de Luz PAR (Daily Light Integral DLI, $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$). Para más información, se puede consultar el webinar de Ferrer (2020b).

Sensor de temperatura, humedad relativa y Déficit de Presión de Vapor (DPV)

Es un sensor esencial para cuantificar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo y el crecimiento del cultivo, la demanda hídrica y el poder secante de la atmósfera. También, aspectos críticos como la floración y el cuajado del fruto vienen muy condicionados por la temperatura; aparte de las heladas y la predicción de enfermedades fúngicas.

En términos de la sequedad de la atmosfera, es muy importante entender y manejar el Déficit de Presión de Vapor. Para más información:

Anemómetro

La velocidad del viento condiciona la resistencia aerodinámica del vapor de aire de manera que, a más velocidad del viento, más tasa de evapotranspiración (ET_o). También condiciona la mezcla de aire frío en las noches de heladas por radiación, afecta el secado de las hojas y la duración del rocío. Finalmente, es determinante en la programación de tratamientos fitosanitarios.

Pluviómetro

En clima mediterráneo, la medición de la pluviometría (mm o L·m⁻²) siempre conlleva dudas. Es un sensor que requiere un mantenimiento constante para que no se obstruya el embudo de captación, además de la alta variabilidad espacial y temporal de la lluvia. Es muy importante mantener el pluviómetro totalmente horizontal.

3.5. Agua

Contador de agua

La programación del riego mediante sondas de humedad del suelo requiere la instalación de un contador de agua en la línea porta-goteros. Sólo así se puede relacionar el tiempo y el volumen de riego con la recarga del perfil.

En la Figura 12 se observa que se efectuó un riego de 50 min a las 11:30 h de la mañana (cada columna equivale a l/5min), aplicando 109 l en una longitud de lateral de 25 m con separación entre filas de 1m (4,4 L·m⁻²). Se observa que el frente de humectación llegó hasta 45 cm.



Figura 12. Datos a tiempo real en una parcela de pimientos con un contador de agua y tres tensiómetros a 10, 30 y 45cm de profundidad

Sensor de nivel de agua y concentración de sales disueltas

Un sensor CTD mide el nivel de agua, la Conductividad Eléctrica y la temperatura del agua. Se puede utilizar en pozos, depósitos, canales y ríos. También es el sensor que en un lisímetro indica el volumen de drenaje.

En comunidades de regantes se utiliza para medir el nivel de agua y la concentración de sales solubles de los canales de drenaje y desguace, con el efecto de cuantificar el lavado global de la cuenca hidrológica.

Sensor de conductividad eléctrica del agua de riego

Es un sensor de conductividad eléctrica (CE) y temperatura del agua de riego. Está diseñado para conectar directamente a la tubería porta-goteros y medir la CE. La Figura 13 muestra el detalle de un riego de 30 minutos monitorizado a intervalos de medida de 5 minutos con un contador y un sensor de CE de riego. Es un cultivo de pimiento que se está regando con una CE de oscila entre 1,60 y 1,74 dS/m durante el riego (3 abril).



Figura 13. Detalle de un sensor de conductividad eléctrica del agua de riego (ES-2 METER Group) y de los datos de un evento de riego

4. Tipología de Redes Inalámbricas de Sensores (RIS) y conectividad

Señal del sensor

La señal de salida de un sensor debe ser registrada por un equipo, llamado datalogger o nodo de sensorización. El tipo de señal de salida del sensor condiciona, la longitud de cable, la degradación y el ruido de la señal, la electrónica y la programación que se utiliza para transformar la señal eléctrica en una magnitud o variable con sentido agronómico. Normalmente se habla de los siguientes tipos de señal:

2. Tecnología de producción

- Analógica: voltaje (mV o V) o intensidad (4-20 mA)
- Digital: señal transformada en el propio sensor que incluye información de identificación y trazabilidad del sensor. Puede tener salidas USB y se llaman Sensores Inteligentes, ya que el sistema de registro normalmente los detecta automáticamente. La señal de salida puede integrar varias magnitudes o variables. La tendencia de los fabricantes es a fabricar sensores digitales; su coste es ligeramente superior al de los sensores analógicos. Utiliza diferentes protocolos de comunicación como el SDI-12, DTT, MODBUS RS232-RS-485, entre otros

Nodos de sensores y conectividad

Datalogger o nodo inalámbrico que recibe las medidas de los sensores, normalmente a través de un cable.

Los datos recogidos por el nodo de sensores son enviados a la plataforma web a través de distintos sistemas de conectividad:

- Directamente a la nube: Celular (GPRS), LPWAN (LoRA, sigfox)
- Conectando a través de Bluetooth al teléfono móvil y a la red privada de Wi-Fi
- Envío a un nodo coordinador situado en finca a través de LPWAN, que a su vez envía los datos a la plataforma web a través de Celular (GPRS), Wi-Fi o Ethernet

El tipo de conectividad inalámbrica más extendido en redes inalámbricas de sensores es:

- Celular: envío de datos a través de una tarjeta SIM como en un teléfono móvil, normalmente de datos
- LPWAN: redes de baja potencia y consumo sigfox, LoRa, NB-IoT
- Inalámbrico Short-Range: Bluetooth y Wi-Fi

Muy importante: en cada ubicación hay que verificar con anterioridad la cobertura celular y WPLAN.

También hay que tener en cuenta:

- Distancia nodo-coordinador o receptor (Hub, Gateway)
- Autonomía de consumo y necesidades de baterías, conexión eléctrica o placa solar

Cada fabricante propone una combinación tecnológica de sensores x nodos x conectividad x software junto con un servicio de acompañamiento, asociado a una inversión, alquiler y cuota anual de uso de la DSS.

Algunos de los fabricantes y proveedores especializados en de sistemas inalámbricos de sensores y soluciones IoT:

- agZOOM-Smart Water Point (www.ag-zoom.com)
- ENCORE LAB (www.encore-lab.com)
- GREEN SENSORS (www.green-sensors.com)
- HIDROSOPH (www.hidrosoph.com)
- IG4 AGRONOMIA (www.ig4.es)
- METER Group (www.metergroup.com)
- MODPOW (www.modpow.es)

- NUTRicontrol (www.nutricontrol.com)
- PLANTAE (www.plantae.garden)
- QAMPO (www.gampo.es)
- RITEC (www.ritec.es)
- S.E. PROGRÉS (www.progres.es)
- WIDHOC (www.widhoc.com)
- WISE IRRISYSTEMS (www.wiseagrotecnologia.com)

5. Factores a valorar en la selección de una plataforma IoT de sensores

Siempre es mejor, instalar menos, pero hacerlo con un modelo conceptual y un diseño sólidos, basados en sensores y un sistema de adquisición de datos de calidad, robustos y escalables. Hay que pensar que la inversión inicial y los costes anuales de uso tienen que repercutir en la mejora de los procesos de producción y toma de decisiones de una forma sistemática y recurrente. No se puede plantear una inversión en sistemas de sondas sin un plan de adopción y escalabilidad a 3-4 años vista.

A nivel de coste, hay que tener en cuenta:

- Inversión inicial o alquiler de equipos (hardware): sensores y sistemas inalámbrico de registro y conectividad
- Cuota anual o mensual de utilizar la plataforma IoT, actualizaciones, herramienta de ayuda a la toma de decisiones (software DSS).

En el proceso de selección de una RIS, hay que tener presente, la instalación, puesta a punto, resolución de incidencias e interpretación de datos. Para ello, se requiere de la participación del técnico, del usuario final y del servicio técnico y de acompañamiento de la empresa proveedora. También hay Oficinas Técnicas del Regante muy activas en este sentido (IVIA, CICYTEX, RuralCat, IFAPA, entre otros).

La tecnología evoluciona, y por lo tanto, la decisión de adquirir un sistema de sensores y de trabajar con una plataforma IoT determinada tendrá unas ventajas y unas desventajas que cada empresa deberá ponderar. Hay que valorar los siguientes aspectos:

- Relación calidad/precio de los sensores y del sistema de adquisición de datos junto con especificaciones de calidad y compatibilidad, robustez, necesidades de alimentación, mantenimiento y calibración y guía de buenas prácticas de uso proporcionadas por el fabricante
- Sistema de conectividad y telemetría: grado de cobertura, tipo de tecnología, robustez, consumo y necesidad de alimentación, potencia y capacidad de escalar el tamaño de la RIS
- Ponderación entre el grado de fiabilidad, implantación, escalabilidad y obsolescencia de la tecnología propuesta
- Capacidad de escalar la cantidad de unidades de medida y de integración con sistemas o herramientas ya existentes en la finca (ej.: programador de riego, ERP, cuaderno digital de campo, etc.)
- Capacidad del servicio técnico y postventa del fabricante y del distribuidor

2. Tecnología de producción

- Establecimiento de un programa de formación de los usuarios en la empresa
- Valoración económica

Según cada caso y cada proveedor hay que pensar que posiblemente una “única” solución o plataforma IoT integral en la empresa o finca que aglutine todo los “software”, “apps móviles”, conectividades, etc., tiene que estar muy bien pensada y debe disponer de un servicio postventa ágil y fiable.

Bibliografía

- Abdelmoneim, Z.M.; Osroosh, Y; Troy Peters, R.; Bates, T.; Campbell, C.; Ferrer-Alegre, F. (2020). Monitoring water status in apple trees using a sensitive morning crop water stress index. *Irrigation And Drainage*, 2020: 1-15.
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo (FAO-56)*
- Campbell, G.S.; Campbell, C.S.; Cobos, D.R.; Crawford, L.B.; Rivera, L.; Chambers, C. (2019). Soil moisture sensors—How they work. Why some are not research-grade. <https://www.metergroup.com/environment/articles/tdr-fdr-capacitance-compared/> Acceso: 4 de junio de 2021.
- Ferrer, F. (2020a). La Conductividad Eléctrica del Suelo Parte I. <https://blog.biofisicaambiental.com/la-conductividad-electrica-del-suelo-parte-i/> Acceso: 4 de junio de 2021.
- Ferrer, F. (2020b). Luz artificial y respuesta de las plantas. <https://www.youtube.com/watch?v=mp5pjnCOIcl> Acceso: 4 de junio de 2021.
- Ferrer, F. (2021). ¿Cómo escoger un piranómetro para medir la radiación solar? (2021) https://www.youtube.com/watch?v=HLi7k_93kBg Acceso: 4 de junio de 2021.
- Hilhorst, M. A. (2000). A Pore Water Conductivity Sensor. *Soil Science Society of America Journal* 64, nº6: 1922–1925.
- Iturria, I.; Campo-Bescós, M.A.; Gómez, U.; López, M.; Giménez, R. (2019). Evaluación de 24 sondas de humedad: calibración y volumen de influencia. *Estudios en la Zona no Saturada Vol. XIV*: 69-74.
- Majsztrik, J.C.; Ristvey, A.G.; Lea-Cox, J.D. (2011). Water and Nutrient Management in the Production of Container-Grown Ornamentals. *Hort. Rev.*, 38: 253-296.
- Tardieu, F.; Simonneau, T. (1998). Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 49. Special Issue: 419-432
- Thompson, R.B.; Gallardo, M.; Valdez, L.C.; Fernández, M.D. (2007). Using plant water status to define threshold values for irrigation management of vegetable crops using soil moisture sensors. *Agricultural Water Management*, 88: 147-158.

- Winkel, T.; Rambal, S. (1993). Influence of Water Stress on Grapevines Growing in the Field: From Leaf to Whole-Plant Response. *Australian Journal of Plant Physiology*, 20: 143-157.
- Zotarelli, L.; Dukes, M.D.; Kelly, T. M. (2019). Interpretación del Contenido de la Humedad del Suelo para Determinar Capacidad de Campo y Evitar Riego Excesivo en Suelos Arenosos utilizando Sensores de Humedad. AE496, Servicio de Extensión Cooperativa de Florida, Universidad de la Florida. (UF/IFAS). Fecha de primera publicación: January 2013. Revisado February 2019.

DropControl: Sistema de control y supervisión de riego totalmente automatizado

WISECONN es uno de los principales sistemas automatizados de control y monitorización del riego del mercado, que actualmente presta servicio a más de 310.000 hectáreas en todo el mundo en 11 países. [WiseConn](#) utiliza su tecnología patentada, [DropControl](#), que permite al usuario supervisar cualquier sensor, operar válvulas inalámbricas, bombas y sistemas de inyección, a través del software en línea basado en una web muy interactiva y fácil de usar, que acciona automáticamente las tareas en el campo.

DropControl cuenta con un avanzado sistema hardware totalmente intercomunicado entre sí, que permite iniciar y detener los ciclos de riego las veces que sea necesario. Además, todas las acciones realizadas se almacenan de forma segura en la nube para que el usuario pueda acceder a ellos en cualquier momento. La avanzada tecnología de DropControl es muy segura en cualquier condición que se pueda presentar. Por ejemplo, si un sensor en el campo detecta una variación repentina en el flujo o la presión del agua, el sistema responderá cerrando la válvula a ese segmento de riego. Otro detalle importante es que no es necesario contar con señal de teléfono a campo para que funcione, lo cual, permite al usuario programar el riego desde cualquier lugar.

DropControl es capaz de tener un control total sobre cualquier sistema de riego. Su herramienta de programación permite a los usuarios crear y mantener las tareas de riego desde cualquier parte del mundo, todo ello a través de un dispositivo móvil u ordenador. La programación del riego nunca ha sido tan

fácil. DropControl permite al usuario regar en bloque o en varios grupos a la vez dentro de la misma explotación, creando una simple plantilla de programaciones de riego.

Las capacidades de DropControl no tienen comparación y siguen ampliándose en función de las necesidades que le puedan surgir al usuario. Su moderna tecnología tiene la capacidad de controlar la programación remota en la nube, el control local del sistema, encender o apagar una bomba, accionar válvulas de forma inalámbrica, control remoto de la fertirrigación, supervisar los datos de riego, como el caudal, la presión, las aplicaciones de agua y fertilizantes, etc., supervisar los datos del suelo, controlar los niveles de los pozos de agua, estanques, canales y depósitos, suministrar productos para el control del pH, controlar los sensores de las plantas, así como supervisar las imágenes NDVI.

WiseConn cuenta con un gran equipo humano de asistencia al cliente, tanto en América del Sur como en América del Norte. Sus agentes de asistencia técnica altamente capacitados están disponibles para ayudar a los usuarios e instaladores con cualquier problema técnico que puedan experimentar con el sistema. El equipo es capaz de resolver el problema de forma remota, solucionar los componentes necesarios y configurar el sistema para que funcione correctamente.

DropControl sigue ampliando su red en el mundo y trabajando para resolver cualquier necesidad del agricultor en el campo, y todo ello desde la palma de su mano.

 DropControl[®]

BY  WiseConn[®]

COMPLETA AUTOMATIZACIÓN
DE RIEGO Y FERTIRRIEGO



 EL USO DE SENSORES DE
HUMEDAD SUELO TE PERMITE
AHORRAR HASTA UN 30% EN EL
COSTO DE ENERGÍA

 AUMENTA TU PRODUCTIVIDAD
HASTA EN UN 15% TOMANDO
MEJORES DECISIONES DE RIEGO

 FERTILIZA LO QUE REALMENTE
NECESITAS



WWW.WISECONN.ES

Copersa

Conectados a la tierra para un uso eficiente del agua



Innovación para una agricultura responsable con el medioambiente



TENSIOMETRÍA · MEDIDORES DE HUMEDAD · SISTEMAS DE REGISTRO Y TRANSMISIÓN DE DATOS · ACCESO REMOTO

IRRÓMETER

Póngase en contacto con nosotros para descubrir nuestro catálogo completo de productos:
www.copersa.com · +34 937 592 500 · comercial@copersa.com

2.18. Uso de la teledetección para el manejo del cultivo y conexión con la maquinaria agrícola

Francisco José García

fco.jose.garcia@upc.edu

Universitat Politècnica de Catalunya

Índice

1.	Introducción	2
1.1.	El espectro electromagnético	3
1.2.	Los índices de vegetación	9
1.3.	Plataformas y sensores	10
2.	Utilización de la teledetección en el sector hortícola y frutícola	11
2.1.	Determinar la variabilidad del cultivo para la valorización de la cosecha	12
2.2.	Ayuda a la toma de decisiones en la gestión del riego	12
2.3.	Aporte de insumos de forma variable	13
2.4.	Detección temprana de plagas y enfermedades	14
3.	El futuro	15

Resumen

La utilización de la teledetección o detección remota en la agricultura tiene sus inicios en pequeñas parcelas experimentales de vid en Australia dónde se medía el crecimiento del cultivo para determinar el momento óptimo de vendimia o la gestión del crecimiento del mismo.

En el siguiente capítulo, se resumen los grandes avances ocurridos a partir de los años '90, y gracias a los cuales podemos decir que esta técnica actualmente es indispensable para el manejo de grandes y pequeñas extensiones de cultivos, ya que, no solo se limita a la captura y procesamiento de datos satelitales, sino que también se puede combinar perfectamente con la información detallada y de precisión quirúrgica que puede capturar un dron mientras sobrevuela una parcela de olivos, por ejemplo.

Entre las principales tareas que se pueden llevar a cabo y de una manera eficiente con el uso de la teledetección, podemos destacar la determinación de la variabilidad del cultivo para la valorización de la cosecha, gestión del riego, fertilización variable y detección temprana de plagas y enfermedades.

Finalmente, el autor concluye en que el uso de estas tecnologías, sin dudas aportan una enorme cantidad de datos precisos y reales, aunque aún debemos seguir trabajando en el "análisis e

interpretación” de esos datos para que el agricultor pueda aprovecharlos de una manera más efectiva.

1. Introducción

El término teledetección o detección remota se puede describir como la determinación a distancia de propiedades de los objetos de nuestro entorno sin necesidad de estar en contacto con los mismos (Lillesand *et al.*, 2008, Campbell y Wynne, 2011, Purkis y Klemas, 2011). En el sector de la ingeniería agronómica, forestal y ambiental, cuando se habla de teledetección se suele hacer referencia al escaneo de la superficie de la tierra mediante sensores embarcados en distintas aeronaves y la percepción de la radiación electromagnética reflejada y/o emitida por los objetos de la escena. Esta tecnología inició su andadura en España durante los primeros años del siglo XXI replicando algunas experiencias de éxito que ya habían ocurrido en el sector de la viticultura en Australia. En los inicios, la teledetección se empleó para determinar la variabilidad en el crecimiento de las cepas en las parcelas vitícolas y definir así zonas homogéneas de desarrollo para gestionar operaciones tales como la vendimia o manejo de la canopia (Martínez-Casasnovas y Arnó, 2014). Desde entonces, el conocimiento de la técnica, la tecnología, la capacidad de análisis y la capacidad de manejo agronómico a base de máquinas adaptadas, ha crecido de forma exponencial y ha situado la teledetección como una herramienta eficiente para la monitorización del cultivo. Aún y así, quedan muchos pasos por acometer todavía, sobre todo para poder incrementar la adopción de la detección remota en todos los estratos de la cadena agroalimentaria, y acercarla a pequeños y medianos agricultores.

1.1. El espectro electromagnético

La teledetección es una actividad cotidiana para los humanos, ya que nuestros ojos, nariz y oídos nos brindan constantemente información sobre nuestro entorno sin necesidad de tener contacto físico con el mismo. Nuestros ojos reciben energía electromagnética reflejada o irradiada por los objetos, y este proceso es imitado por las cámaras y radiómetros para capturar y medir cuantitativamente la intensidad de la radiación electromagnética de la superficie de la Tierra. Una propiedad importante de la teledetección es la capacidad de ver la Tierra desde una escala global, e incluso lo más importante, en regiones específicas del espectro electromagnético más allá del rango espectral capturado por los ojos de los humanos. La firma espectral a lo largo de la región visual e infrarroja del espectro electromagnético está estrechamente relacionada con los cambios fisiológicos de las plantas producidos por el estado fenológico, las deficiencias hídricas y de nutrientes o el estrés por enfermedades (Gates *et al.*, 1965; Li *et al.*, 2012; Mulla, 2013). Todas las plantas contienen componentes similares como, por ejemplo, clorofila y otros pigmentos de importancia, agua, proteínas, almidones, ceras y células que dan estructura a la hoja, como la lignina y la celulosa (Elvidge, 1990). Esos componentes están presentes en diferentes concentraciones según las plantas, la estructura de las células de la hoja varía de una especie a otra, y estos dos factores tienen una gran influencia en la forma en que las plantas interactúan con los rayos solares. Cuando los rayos de luz provenientes del sol llegan a una hoja, la energía puede seguir tres caminos; puede ser absorbida por los pigmentos de la hoja, transmitido a través de la hoja o reflejado de vuelta a la atmósfera. La luz reflejada está compuesta por dos fuentes de energía, una que proviene del reflejo

especular de la superficie de la hoja y una segunda compuesta por la luz difusa dispersada por la estructura interna de la hoja (Atrashevskii *et al.*, 1999). Por lo tanto, la fisiología y las estructuras internas de las hojas contribuyen a dar un patrón particular a los espectros reflejados de las plantas. Este patrón particular se conoce como firma espectral y proporciona una medida cuantitativa de la energía reflejada por la planta en cada longitud de onda (de Castro, 2013).

La clorofila (a y b) es el pigmento más importante en las plantas con respecto a la absorción de luz en la región espectral de la radiación fotosintéticamente activa (PAR). La clorofila "a" está presente en todas las plantas fotosintéticas y absorbe la luz principalmente en la región roja cerca de la frecuencia 645 nm, mientras que la clorofila "b" se encuentra en la mayoría de los organismos verdes y presenta un pico de absorción en la región azul centrada sobre los 445 nm. Es importante resaltar que los pigmentos predominantes en las plantas (licopeno, xantofilas o xarotenoides por ejemplo) absorben en el azul alrededor de 445 nm, pero solo la clorofila absorbe en el rojo cerca de 645 nm (Gates *et al.*, 1965). Las plantas reflejan una energía relativamente más alta en la región verde del espectro que en las otras longitudes de onda del rango de luz visible (VIS). Esto explica los máximos locales característicos presentes en la firma espectral de plantas en el rango de 520 - 570 nm. El aumento repentino de la cantidad de luz reflejada hacia los 700 nm se denomina Punto de Inflexión del Borde Rojo (REIP, Red Edge Inflection Point) y se ha demostrado que está estrechamente relacionado con el contenido de clorofila. El REIP se desplaza hacia frecuencias más altas con pérdida de clorofila (Guyot *et al.*, 1988). Más allá de los 700 nm, la estructura del tejido vegetativo es el factor principal que afecta las propiedades ópticas de la hoja. En este rango, el nivel de energía por fotón no es suficiente para ser utilizado para actividades fotosintéticas por las células de la hoja, y por lo tanto esta energía la dispersa la planta en su gran mayoría. Una alta absorción de esta energía daría como resultado un sobrecalentamiento excesivo de las células, causando daños en los tejidos vegetales (Gates *et al.*, 1965). De 1200 a 2000 nm, el contenido de agua domina las interacciones con la luz y su reflejo a la atmósfera. Dos puntos característicos de absorción de agua se encuentran sobre los 1450 y 1950 nm (Figura 1).

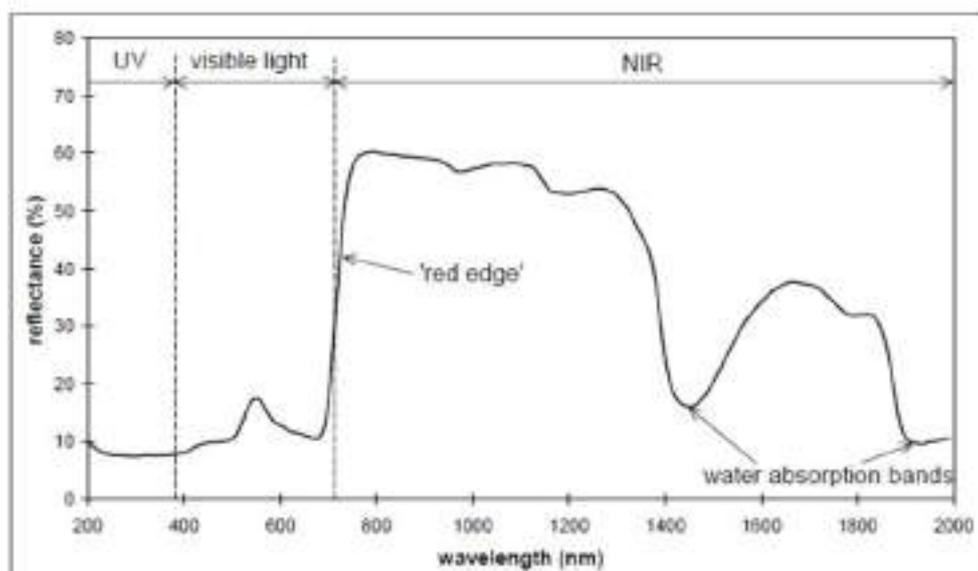


Figura 1. Gráfico de reflectividad de una hoja verde de 200 a 2000 nm (Vrindts, 2000).

Cabe tener muy en cuenta que cuando utilizamos la teledetección como herramienta para caracterizar la vegetación, lo que en realidad estamos percibiendo es la forma como la luz ha interactuado con las distintas estructuras fisiológicas de la hoja (pigmentos, células, etc.). Estas estructuras fisiológicas pueden estar potencialmente afectadas por diversos factores que inducen a que la planta se encuentre en situaciones de estrés, lo que afectará a su vez a la forma que adquiere la firma espectral de la misma.

1.2. Los índices de vegetación

La combinación de la información adquirida en las distintas bandas espectrales en el rango espectral del VIS y NIR nos permite calcular fórmulas algebraicas que guardan una especial relación con distintos fenómenos fisiológicos que ocurren en las plantas. Estas funciones matemáticas se denominan índices de vegetación y se han utilizado comúnmente para evaluar las características biofísicas del dosel y el estrés de la planta en general (Haboudane *et al.*, 2004; Hall y Wilson, 2013; Thenkabail *et al.*, 2000; Zarco-Tejada *et al.*, 2005, 2004). El índice más comúnmente usado y calculado en infinidad de aplicaciones en agricultura y gestión del medio rural y forestal es el Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) que se calcula como el ratio normalizado entre las reflectividades en el Rojo y el infrarrojo cercano (Rouse *et al.*, 1974). Este índice relaciona la absorción de luz por la clorofila en las plantas en las longitudes de onda en el rango del Rojo (sobre 645 nm) y la dispersión de luz gracias a la estructura celular de las hojas en la región del NIR (720-1000 nm).

$$NDVI = (R_{NIR} - R_{red}) / (R_{NIR} + R_{red})$$

El NDVI al ser un índice normalizado, adopta valores en el rango de -1 a 1, y cuanto más próximo a 1 mayor nivel de verdor o vigor tiene la planta estudiada. Por lo tanto, el NDVI es sensible a la biomasa o al verdor de la vegetación y, en consecuencia, el crecimiento de las plantas (Plant, 2001). De esta manera, el NDVI se convierte en una forma eficiente de mapear y monitorear la vegetación en general y los campos de cultivo en particular. Existen limitaciones con respecto al NDVI ya que es sensible a los efectos del brillo del suelo, al color del suelo, a efectos atmosféricos, a la presencia de nubes y a la sombra que puedan ocasionar las nubes, por lo que requiere una calibración para un uso fiable del mismo. Uno de los problemas que presenta el NDVI en casos en los que se utiliza para mapear cultivos con una gran biomasa es la saturación del índice en vegetación con altos índices de área foliar (LAI). En algunos casos, para contrarrestar esta situación, se han utilizado índices no normalizados que se desarrollaron previamente al NDVI. El Ratio Simple (Simple Ratio en inglés, SR) o también conocido como Plant Cell Density (PCD) se basa en un ratio no normalizado entre las bandas del Rojo y el NIR. Al no estar normalizado, no tiene un límite superior, y teóricamente puede adoptar valores hasta el infinito aunque, por el contrario, también puede adoptar el valores indefinidos cuando el denominador es igual a cero. Además, para su utilización, es muy importante la experiencia y la calibración de los valores típicos para la zona de estudio, tipo de vegetación, fecha, condiciones de luz, sensor, y otros parámetros intrínsecos ya que, al no estar normalizado, la comparación entre mapas es compleja.

A partir de estos dos índices de vegetación se han desarrollado muchos otros que intentan mejorar el nivel de percepción, la especificidad frente a efectos fisiológicos, o robustez ante variaciones en las situaciones de iluminación o fondo de la imagen. Entre ellos, cabe destacar el

Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) desarrollado por Huete (1988), el Enhanced Vegetation Index (EVI) (Liu y Huete, 1995) o el Normalized Differential Red Edge Index (NDRE) que se calcula siguiendo la misma fórmula que el NDVI pero substituyendo la banda del Rojo por la del Red Edge, haciendo el NDRE menos sensible a la saturación del índice en casos en los que haya cultivos extremadamente densos y vigorosos, y mejorando su relación con los cambios en el contenido de clorofila de la planta. Muchos de estos índices se recogen en el trabajo de Zarco-Tejada *et al.* (2005) en el que se revisaron 28 índices de vegetación para caracterizar la condición fisiológica del viñedo.

1.3. Plataformas y sensores

Para llevar a cabo cualquier trabajo de teledetección es necesario disponer de dos equipos esenciales: una plataforma y un sensor. Las plataformas son aquellos vehículos que permiten transportar los sensores (normalmente ópticos) que capturarán la energía electromagnética reflejada por las plantas. Existen tres tipos mayoritarios de plataformas, las aéreas, las terrestres y las acuáticas, pero en este libro nos vamos a centrar en las primeras ya que cuando hablamos de teledetección en agricultura, normalmente nos referimos a plataformas aéreas capturando datos de nuestros cultivos. Hay varios parámetros básicos que definen las plataformas aéreas que se emplean para teledetección: la distancia a la que se encuentra el sensor del objeto de interés, la periodicidad de la adquisición de la imagen, el momento de la adquisición de la imagen, y la ubicación y el alcance de la cobertura. Existen tres grandes categorías de plataformas de teledetección: drones, aviones tripulados y satélites.

Cada una de estas plataformas ofrece distintas propiedades y posibilidades en el mapeado de los cultivos. Los satélites se han utilizado en la agricultura de precisión durante más de 40 años, cuando Landsat 1 se puso en órbita en 1972. El satélite llevaba embarcado un sensor multiespectral y proporcionaba una resolución espacial de 80 m/píxel con intervalos de revisión de aproximadamente 18 días. La misión Landsat ha tenido un largo recorrido hasta la actualidad, y ya desde la versión Landsat 5 que se lanzó en 1984 y recopiló imágenes en las bandas azul, verde, roja, infrarroja cercana y térmica la resolución se ajustó a 30 m/píxel y periodos de revisita de 16 días. La primera aplicación de la teledetección en la agricultura de precisión consistió en la utilización de imágenes Landsat para monitorizar los patrones espaciales del contenido de materia orgánica de un suelo desnudo (Bhatti *et al.* 1991). La carrera espacial ha dado lugar a sensores con una resolución espacial por debajo de 1 metro y con periodos de revisita de 1 día, lo que ha incrementado la potencialidad del uso de estas plataformas para el sector agrícola con el avance significativo en el rendimiento de los sensores. Uno de los principales inconvenientes de los sistemas satélite son su todavía baja resolución espacial para mediciones de precisión y la imposibilidad de su uso en ambientes nubosos.

Por otro lado, se encuentran los drones, o sistemas aéreos no tripulados que gracias al desarrollo tecnológico en el campo de la automatización ha proporcionado a la agricultura una nueva solución para la monitorización remota. Estas plataformas pueden equiparse con una variedad de sensores, que permiten realizar una amplia gama de operaciones de monitorización. Los beneficios que ofrecen estos sistemas frente a los satélites, por ejemplo, es la alta resolución espacial (centímetros) que proporcionan, y la posibilidad de un monitoreo altamente flexible y ajustado a las necesidades fisiológicas del cultivo. Por el contrario, su rango de cobertura no es comparable al de otros sistemas aéreos que pueden volar a mayor altura y cubrir un mayor

número de hectáreas por hora de vuelo. A esto cabe añadirle algunas limitaciones de altura de vuelo y las propias de las baterías. Son especialmente interesantes para pequeñas zonas de trabajo, para aquellas operaciones que requieren de un alto detalle o resolución, o para la utilización de sensores específicos que difícilmente pueden estar disponibles en satélites, por ejemplo.

Entre medio de estas dos plataformas encontramos los aviones tripulados, cada vez menos utilizados en agricultura debido a su alto coste de gestión y mantenimiento y la aparición de nuevos satélites que permiten tener altas resoluciones. Existen muchos casos en los que satélites y drones no compiten, sino que se complementan con monitorización a varias escalas, desde una visión general con satélites y una inspección quirúrgica y a detalle con drones a muy alta resolución.

Existen varias categorías de sistemas de sensores utilizados para teledetección que se dividen en pasivos o activos. Los sensores pasivos miden la luz reflejada o emitida de forma natural por los objetos en una escena. Estos instrumentos se limitan a observar y dependen principalmente de la energía solar como fuente última de radiación que ilumina los objetos. Los sensores activos (como los sistemas de radar y lidar) primero emiten energía (suministrada por su propia fuente de energía) y luego miden el retorno de esa energía después de que haya interactuado con una superficie. En teledetección, principalmente se utilizan los sensores ópticos pasivos, comúnmente llamados cámaras, que pueden disponer de distintas bandas espectrales en el rango del visible e infrarrojo cercano (400-1000 nm) aunque algunas se extienden hasta los 2500 nm. Cada una de estas bandas permiten observar la luz reflejada por los objetos en una región específica del espectro electromagnético, y sus valores permiten calcular los índices de vegetación deseados en cada caso.

2. Utilización de la teledetección en el sector hortícola y frutícola

La teledetección tiene un amplio recorrido en la monitorización de aspectos agronómicos como pueden ser los rasgos tipológicos (ej. tipo de cultivo), físicos (ej. temperatura o humedad del suelo), químico (ej. contenido de nitrógeno de las hojas), biológico (ej. fenología de cultivos) o estructural (ej. densidad vegetativa). Cabe resaltar que ninguno de estos parámetros que se pueden monitorizar con sensores remotos responde a una medida directa, y que todos ellos requieren de un modelo o inferencia entre la variable medida (radiancia) y los rasgos en sí mismos.

En el ámbito científico, la teledetección con sensores ópticos embarcados en diversas plataformas aéreas, lleva utilizándose más de 30 años para un sinfín de aplicaciones. Una de las más destacadas es la selección y caracterización de rasgos fenotípicos en nuevos cultivares desarrollados y, sobre todo, cuando estos experimentos se han trasladado a campo abierto. En este ambiente, la necesidad de tecnologías capaces de registrar una gran cantidad de datos en grandes superficies hace que la teledetección aparezca como una interesante solución. Con los avances científicos en este campo y unidos a la disponibilidad de tecnología más avanzada, precisa y a un menor coste de adquisición, a finales de la década de los '90 se introdujo la teledetección como herramienta para llevar a cabo la agricultura de precisión, que pronto pasó a emplearse en parcelas comerciales sobre todo en EEUU y Australia. Estas aplicaciones

empezaron en cultivos herbáceos, principalmente en maíz, dada su importancia y necesidad de insumos como fertilizantes y agua. La teledetección pasó a ser una herramienta fundamental para la visualización de la variabilidad y la ayuda a la toma de decisiones.

Considerando el caso específico de lo que recientemente se ha llamado "cultivos especiales", que incluyen en sus distintas categorías entre árboles frutales, cítricos, olivos y viñedos, pero también cultivos hortícolas de alto valor, el uso de la teledetección se ha ido implantando de forma más lenta para una variedad de utilidades. Este tipo de cultivos se caracterizan por ser muy heterogéneos, lo que dificulta en gran medida obtener una solución adaptada a todas las posibles situaciones que puedan surgir. Esta variabilidad se produce por la combinación de fuentes de variación: 1) natural, como el suelo o la topografía; 2) aleatoria, como la lluvia; y 3) manejada, como la aplicación de fertilizantes (Hatfield, 2000). Las distintas herramientas de teledetección permiten a los agricultores disponer de información de forma rápida y confiable, con datos no sesgados y objetivos, y que muchas veces permiten detectar problemas que el ojo humano no puede discernir. Sus aplicaciones se agrupan en cinco grandes bloques que se describen a continuación.

2.1. Determinar la variabilidad del cultivo para la valorización de la cosecha

Con el conocimiento de la variabilidad dentro del campo y la posterior delimitación de diferentes clases de vigor a partir de un sistema de teledetección o con mediciones directas en campo, es posible llevar a cabo una cosecha sectorizada por zonas de calidad (Johnson *et al.* 2001). El caso más claro y posiblemente estudiado está en la viticultura. Martínez-Casasnovas y Arnó (2014) llevaron a cabo una serie de experimentos en viñedos comerciales de la finca Raimat (Grup Codorniu) y utilizaron imágenes satelitales Quickbird para seleccionar zonas de manejo diferencial basadas en el vigor del dosel expresado por el índice NDVI. Se encontraron relaciones entre los valores del NDVI y el rendimiento total, aunque se establecieron relaciones débiles con los atributos de calidad de la uva. La viticultura australiana tiene una larga experiencia en investigar los beneficios económicos de la vendimia selectiva y la valorización de las diferentes calidades de uva obtenidas de dos a tres zonas de vigor del viñedo. La conclusión principal es que la viticultura de precisión y, más específicamente, la cosecha selectiva ofrece importantes beneficios potenciales para los viticultores y también para los enólogos, aunque la estrategia para una adopción más amplia de esta estrategia de gestión necesita una asociación entre los productores y las bodegas para garantizar que la fruta de varias zonas de calidad no termine destinándose al mismo tipo de vino, o que no se encuentre en el mismo depósito de fermentación (Bramley *et al.*, 2005). Es importante mencionar que la variabilidad espacial dentro del viñedo puede ser alta, moderada o incluso insignificante. Además, la estructura de variabilidad también es clave para proponer una gestión de tipo variable porque en la cosecha, cuando los patrones de variabilidad espacial se cruzan con la dirección principal de las hileras, la máquina cosechadora no siempre podrá realizar la operación de manera exitosa. Por esta razón, no solo es importante evaluar la variabilidad espacial sino también su estructura, lo que permitirá el cálculo de índices de oportunidad de manejo de precisión que le dirán al agricultor los beneficios de realizar un manejo convencional homogéneo versus un manejo de forma variable (Martínez-Casasnovas y Arnó, 2014).

Por lo que se refiere a los cultivos hortícolas, los desarrollos se centran principalmente en el cultivo de la lechuga. La plataforma de código abierto AirSurf lidera el desarrollo de herramientas que permiten extraer información de alto valor a partir de las imágenes tomadas mediante drones (Bauer *et al.*, 2019). Las principales aplicaciones de la teledetección para la gestión del cultivo y la valorización de la cosecha en hortícolas suelen centrarse en el conteo de plantas para llevar un inventariado a tiempo real, determinar marras, la estimación del calibre de las plantas y la delimitación de zonas de cosecha. Todo ello se realiza de forma automatizada mediante técnicas de inteligencia artificial y machine learning, aunque los principales retos para el futuro pasan por poder desarrollar modelos de análisis fiables en estadios avanzados del cultivo en los que se generan grandes solapamientos entre plantas. Además, otro factor limitante es el alto coste de computación de estos sistemas automáticos ya que, para un campo de aproximadamente 1 millón de lechugas, el tiempo de análisis es de unas 4h.

2.2. Ayuda a la toma de decisiones en la gestión del riego

En lo referente al uso de la teledetección para la gestión del riego, los desarrollos se han centrado en dos campos principales: 1) determinar a partir de imágenes aéreas la variación de la constante de cultivo para poder corregir de una forma más eficaz la evapotranspiración de referencia (Fernandez-Pacheco *et al.*, 2014, Bellvert *et al.*, 2016, Bellvert *et al.*, 2018), y 2) detección indirecta del estrés hídrico de las plantas a partir de índices de vegetación frecuentemente relacionados con la temperatura del cultivo (Bellvert *et al.*, 2015). En este sentido, uno de los índices de vegetación más utilizados es el CSWI (crop water stress index en inglés) que se puede calcular sensores térmicos embarcados en drones, avionetas o satélites. Bellvert *et al.* (2016) demostraron las posibilidades que ofrece la teledetección para gestionar el riego en viñedo a partir de la estimación del potencial hídrico de hoja partiendo de imágenes térmicas adquiridas mediante una avioneta. El futuro se centra ahora en trabajar a una mayor escala de adquisición de datos mediante satélite, como por ejemplo la misión Sentinel 2 del programa Copernicus de la ESA que hasta ahora se ha utilizado principalmente para hacer un seguimiento de la evolución del cultivo, y en algunos casos (cultivos extensivos principalmente) se ha correlacionado muy bien con las variaciones de la constante de cultivo (kc). Siguiendo con estos desarrollos, cabe destacar el proyecto Sentinel for Evapotranspiration (SEN4ET) que ha desarrollado una plataforma de acceso libre, la cual a partir de datos de Sentinel 2, Sentinel 3, además de datos climáticos obtenidos desde Climate Change Service (CCS) de Copernicus y mapas de suelos, es capaz de estimar directamente la evapotranspiración de los cultivos a una escala de 20 m·pixel⁻¹.

2.3. Aporte de insumos de forma variable

Para llevar a cabo la aplicación de insumos de forma variable, es necesario disponer de cierta tecnología en campo y equipar las máquinas con sistemas de dosificación a tiempo real. El proceso es sencillo, los mapas generados disponen de información sobre la zona de vigor y el volumen o dosis de aplicación que se debe aportar en dicha zona. La máquina en campo debe disponer de un sistema GNSS que permita su geolocalización en la parcela y a partir de aquí un sistema de control para poder variar la cantidad de producto aportado en función de las lecturas del mapa (Figura 2). Esto es algo ya establecido en maquinaria destinada a cultivos bajos, pero aún en una fase incipiente en cultivos arbóreos.

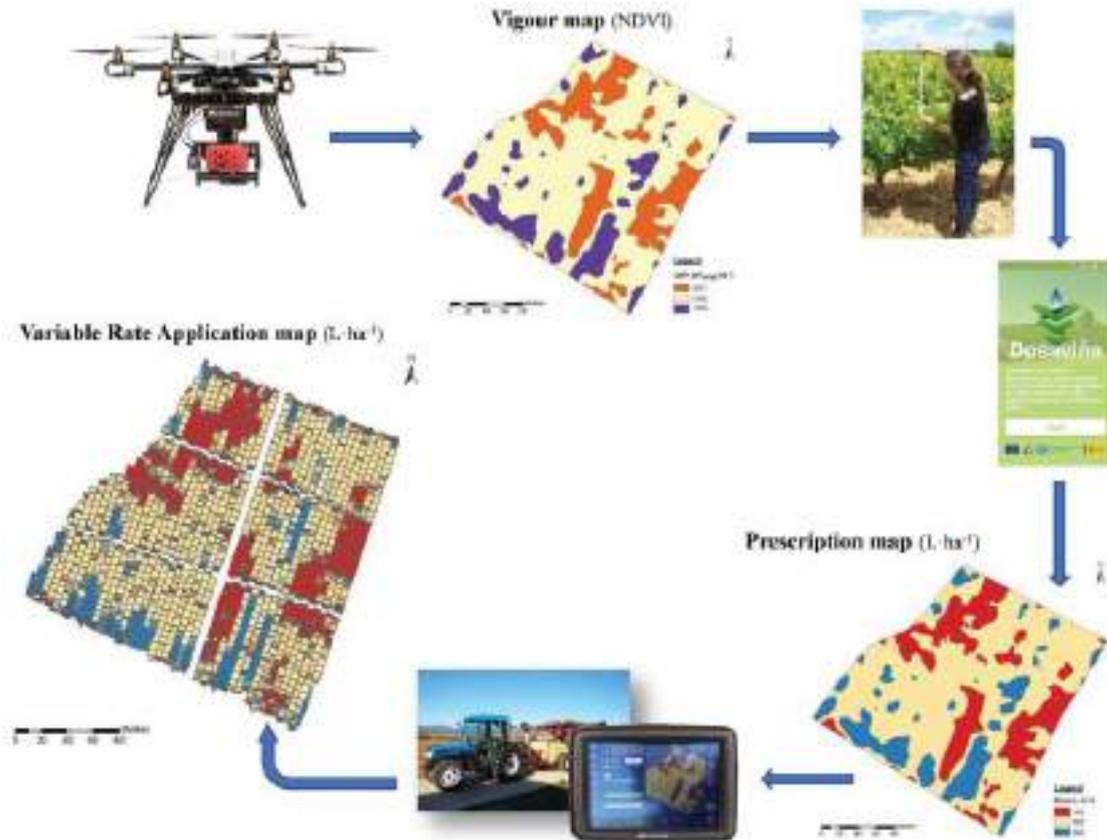


Figura 2. Esquema del protocolo para la gestión variable de fitosanitarios desarrollado por Campos *et al.*, 2019

La gestión del cultivo basada en mapas con delimitación de diferentes zonas de crecimiento homogéneas dentro de una parcela hace posible la implementación de técnicas de agricultura de precisión. En viticultura, los mapas que representan la variabilidad dentro del campo se pueden utilizar para varias operaciones a lo largo de la temporada, como poda específica del sitio (Proffit y Pearse, 2004), aplicación de dosis variable (VRA) de fertilizante o “*plant protection products*” (PPP) (Campos *et al.*, 2019, Román *et al.*, 2020), recolección de muestras no sesgada y representativa en viñedo (Bramley 2001) o cosecha selectiva (Bramley *et al.*, 2005, Arnó *et al.*, 2009; Martínez-Casasnovas y Arnó, 2014, Sarri *et al.*, 2016). Aprovechando el impulso que está experimentando la aplicación de dosis variable de insumos en cultivos extensivos, los avances científicos en cultivos frutícolas u hortícolas tienen como objetivo desarrollar sistemas capaces de monitorear y caracterizar la vegetación y aplicar fertilizantes y PPP de acuerdo con las necesidades del cultivo en cada área del campo. El VRA de PPP en un cultivo 3D representa una mejora significativa en el uso sostenible de pesticidas, a la vez que garantiza la deposición precisa del producto en la hoja y una reducción significativa de las pérdidas por deriva de la pulverización al ajustar la cantidad de PPP que se aplica a cada estructura de dosel en el campo. Campos *et al.* (2019) desarrollaron una metodología para la adquisición y análisis de imágenes de sistemas drone para recopilar información espectral y geométrica de las vides que luego se utilizó para derivar mapas de prescripción basados en las características del dosel en tres zonas de vigor en las que se dividieron los campos. Para caracterizar cada área de vigor, se recolectaron muestras de campo y se tradujeron a una tasa de volumen de caldo promedio ($l \cdot ha^{-1}$) por zona de vigor utilizando la aplicación DSS DOSAVIÑA® disponible gratuitamente. Los resultados

mostraron que se podían obtener ahorros de agua y pesticidas superiores al 40% durante la temporada utilizando un sistema de VRA basado en mapas. También se probó la eficacia biológica de la nueva metodología propuesta, mostrando resultados equivalentes en comparación con un proceso convencional de aplicación en el control de las enfermedades durante la campaña (Campos *et al.*, 2020). Una extensión de este trabajo, tuvo como objetivo desarrollar un modelo de regresión para predecir las características del dosel por zona de vigor basado únicamente en datos de teledetección (Campos *et al.* 2021). Tanto el dron como la información satelital de alta resolución (3 m·píxel⁻¹) mostraron una buena relación lineal con los parámetros del dosel como altura, ancho, TRV y LWA, aunque los datos de mayor resolución (es decir, dron) obtuvieron resultados significativamente mejores, especialmente al intentar aplicar el modelo a copas con vegetación baja (al comienzo de la temporada) con coeficientes de determinación superiores a 0,84. Trabajos similares fueron propuestos en viñedo en los que la selección del volumen óptimo de aplicación se obtuvo a partir de la caracterización de la vegetación de forma remota mediante teledetección y en la que se estimó el Leaf Area Index (LAI). Los resultados demostraron una reducción del volumen de caldo aplicado de un 25% sin ver afectados los valores de deposición de producto en hoja, aunque quedó pendiente validar la eficacia biológica (Roman *et al.*, 2020).

2.4. Detección temprana de plagas y enfermedades

La detección temprana de plagas y enfermedades en cultivos frutales y hortícolas ha sido, y sigue siendo uno de los ámbitos en los que más se ha enfocado la ciencia y la industria en la última década. En este sentido, aunque hay algunas experiencias de éxito, sigue siendo un reto mayúsculo el poder identificar la presencia de una plaga o enfermedad antes que el ojo humano. Hay que tener en cuenta, que las plagas, y sobre todo las enfermedades aparecen y se extienden de una forma muy rápida, con lo que la ventana de oportunidad para su detección es muy ajustada. Esto implica poder disponer de imágenes de nuestra parcela de forma intensiva (casi diaria) durante el tiempo en el que determinemos que el potencial de presencia de la plaga o enfermedad es máximo. Aún y así, los primeros ataques, que los técnicos identifican con lupas en muchos casos, difícilmente los podremos detectar con los sistemas actuales a más de 40 metros de altura. Resumiendo: detectar la enfermedad o plaga tal vez sea posible, pero probablemente será tarde para poder hacer un manejo agronómico de la infección.

Esto último no quita que para algunas enfermedades que afectan de manera permanente a la planta, como las enfermedades de madera en viñedo, por ejemplo, se hayan desarrollado modelos de detección que permiten identificar y posicionar la cepa afectada por yesca, flavescencia dorada o virus del enrollado (MacDonald *et al.*, 2016). Este tipo de análisis en enfermedades de ciclos más largos, permiten la posibilidad de inventariar la parcela de forma que se puedan tratar o eliminar las plantas afectadas. En el caso de algunos virus, como puede ser el del HLB en cítricos, este trabajo de erradicación de los elementos infectados es de vital importancia para prevenir futuras dispersiones de la enfermedad letal, y el uso de la teledetección con drones ha servido para generar modelos de clasificación para el mapeo de los árboles afectados (García-Ruiz *et al.*, 2013). La llegada de sensores más específicos y con una cantidad de bandas espectrales mayor, como es el caso de las cámaras hiperespectrales, está permitiendo incrementar las posibilidades de éxito, y desarrollar nuevos modelos de análisis

específicos para enfermedades letales como es el caso de la *Xylella fastidiosa* (Zarco-Tejada *et al.*, 2018; Hornero *et al.*, 2020; Poblete *et al.*, 2020).

3. El futuro

El futuro de la teledetección para la gestión de los cultivos en el sector hortofrutícola pasa primero por un incremento de la adopción de esta tecnología para el manejo de las operaciones agrícolas. Para ello hay que simplificar los procesos de análisis, centrar los productos o servicios a la interpretación de los datos y la prescripción del manejo agronómico más allá de ofrecer datos en crudo. Complementariamente, las herramientas de teledetección van a tomar dos caminos de desarrollo en los próximos años. Por un lado, el cada vez más creciente uso de la imagen hiperespectral desde sistemas dron, y por el otro, el desarrollo de modelos de análisis basados en imágenes satelitales de alta resolución. Este es un punto de mejora significativo que permitirá incrementar la capacidad de detección, el tiempo de revisita del satélite y la capacidad de trabajo en tanto en cuanto el área cubierta por estos sistemas espaciales es significativamente mayor que el de los drones. En cuanto a las herramientas de análisis, los sistemas que actualmente están ofreciendo ayuda al técnico que es el que de forma última decide el plan de gestión, en un futuro próximo pasaran a poder predecir y decidir de forma más o menos autónoma en base a unos parámetros dictados por el técnico. Hay que tener en cuenta que las posibilidades de modelizar y predecir a futuro son mucho más limitadas en ambientes tan poco controlados como son los de la agricultura a campo abierto, en los que los factores meteorológicos son impredecibles en muchos casos.

Bibliografía

- Arnó, J., Martínez-Casasnovas, J. A., Ribes-Dasi, M., Rosell, J. R., 2009. Review. Precision viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management. Spanish Journal of Agricultural Research, 7(4), 779-790.
- Atrashevskii, Y.I., Sikorskii, A.V., Sikorskii, V.V., Stel'makh, G.F., 1999. The Reflection and Scattering of Light by a Plant. J. Appl. Spectrosc. 66, 101–108.
- Bauer, A., Bostrom, A.G., Ball, J., Applegate, C., Cheng, T., Laycock, S., Moreno-Rojas, S., Kirwan, J., Zhou, J., 2019. Combining computer vision and deep learning to enable ultra-scale aerial phenotyping and precision agriculture: A case study of lettuce production. Horticulture Research 6, 70.
- Bellvert, J., Marsal, J., Girona, J., Zarco-Tejada, P.J., 2015. Seasonal evolution of crop water stress index in grapevine varieties determined with high-resolution remote sensing thermal imagery. Irrigation science 33 (2), 81-93.
- Bellvert, J., Zarco-Tejada, P.J., Marsal, J., González-Dugo, V., Girona, J., Fereres, E., 2016. Vineyard irrigation scheduling based on airborne thermal imagery and water potential thresholds. Australian Journal of Grape and Wine Research, 22, 307-315.

2. Tecnología de producción

- Bellvert, J., Adeline, K., Baram, S., Pierce, L., Sanden, B.L., Smart, D.R., 2018. Monitoring crop evapotranspiration and crop coefficients over an almond and pistachio orchard throughout remote sensing. *Remote Sensing*, 10.
- Bhatti AU, Mulla DJ, Frazier BE., 1991. Estimation of soil properties and wheat yields on complex eroded hills using geostatistics and thematic mapper images. *Remote Sensing of Environment*, 37, 181–191.
- Bramley R.G.V., Proffitt A.P.B., Hinze C.J., Pearse B., Hamilton R.P., 2005. Generating benefits from precision viticulture through differential harvest. *Proceedings of 5th European Conference on Precision Agriculture.*, Uppsala, 891–898.
- Campbell B, Wynne R., 2011. *Introduction to Remote Sensing*. 5th ed. New York: Guildford Press; 2011. 667 p
- Campos, J., Llop, J., Gallart, M., Garcia-Ruiz, F., Gras, A., Salcedo, R., Gil, E., 2019. Development of canopy vigour maps using UAV for site-specific management during vineyard spraying process. *Precision Agriculture*, 20, 1136-1156.
- Campos, J., Gallart, M.; Llop, J., Ortega, P., Salcedo, R., Gil, E., 2020. On-Farm Evaluation of Prescription Map-Based Variable Rate Application of Pesticides in Vineyards. *Agronomy*, 10, 102.
- Campos, J., Garcia-Ruiz, F., Gil, E., 2021. Assessment of Vineyard Canopy Characteristics from Vigour Maps Obtained Using UAV and Satellite Imagery. *Sensors*, 21, 2363-2383.
- De Castro, A.I., López-Granados, F., Jurado-Expósito, M., 2013. Broad-scale cruciferous weed patch classification in winter wheat using QuickBird imagery for in-season site-specific control. *Precis. Agric.* 14, 392–413.
- Elvidge, D.E., 1990, Visible and near infrared reflectance characteristics of dry plant materials. *Remote Sensing of Environment*, 11, pp. 1775–1795.
- Fernandez-Pacheco, D.G., Escarabajal-Henarejos, D., Ruiz-Canales, A., Conesa, J., Molina-Martinez, J.M., 2014. A digital image-processing-based method for determining the crop coefficient of lettuce crops in the southeast of Spain. *Biosystems Engineering* 117, 23-34.
- Garcia-Ruiz, F., Sankaran, S., Maja, J.M., Lee, W.S., Rasmussen, J., Ehsani, R., 2013. Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees. *Computers and Electronics in Agriculture*, 91, 106-115.
- Gates, D.M., Keegan, H.J., Shleter, J.C., Weidner, V.R., 1965. Spectral properties of plants. *Appl. Opt.* 4, 11-20.
- Guyot, G., Baret, F., Major, D.J., 1988. High Spectral Resolution: Determination of Spectral Shifts between the Red and Near Infrared. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens.* 11, 750–760.
- Haboudane, D., Miller, J.R., Pattey, E., Zarco-Tejada, P.J., Strachan, I.B., 2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies:

- Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, 90, 337–352.
- Hall, A., Wilson, M.A., 2013. Object-based analysis of grapevine canopy relationships with winegrape composition and yield in two contrasting vineyards using multitemporal high spatial resolution optical remote sensing. *Int. J. Remote Sens.* 34, 1772–1797.
- Hatfield, J., 2000. Precision Agriculture and Environmental Quality: Challenges for Research and Education. National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service, USDA, Ames, IA.
- Hornero, A., Hernández-Clemente, R., North, P.R.J., Beck, P.S.A., Boscia, D., Navas-Cortes, J.A., Zarco-Tejada, P.J., 2020. Monitoring the incidence of *Xylella fastidiosa* infection in olive orchards using ground-based evaluations, airborne imaging spectroscopy and Sentinel-2 time series through 3-D radiative transfer modeling. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111480.
- Huete, A.R., 1988. A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295-309.
- Johnson, L.F., Bosch, D.F., Williams, D.C., Lobitz, B.M., 2001. Remote sensing of vineyard management zones: Implications for wine quality. *Appl. Eng. Agric.* 17, 557-560.
- Li, X., Lee, W.S., Li, M., Ehsani, R., Mishra, A.R., Yang, C., Mangan, R.L., 2012. Spectral difference analysis and airborne imaging classification for citrus greening infected trees. *Comput. Electron. Agric.* 83, 32–46.
- Lillesand T., Kiefer R., Chipman J., 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons; 2008. 756 pp
- Liu, H.Q., Huete, A.R., 1995. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 33, 457-465.
- MacDonald, S.L., Staid, M., Staid, M., Cooper, M.L., 2016. Remote hyperspectral imaging of grapevine leafroll-associated virus 3 in cabernet sauvignon vineyards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 130, 109-117.
- Marínez-Casasnovas, J.A. y Arnó, J. 2014. Viticultura de precisión de dónde venimos y hacia dónde vamos. *ACE: Revista de enología*, 143. ISSN-e: 1697-4123.
- Mulla, D.J., 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosyst. Eng.* 114, 358–371
- Plant, R.E., 2001. Site-specific management: the application of information technology to crop production. *Comput. Electron. Agric.* 30, 9–29.
- Poblete, T., Camino, C., Beck, P.S.A., Hornero, A., Kattenborn, T., Saponari, M., Boscia, D., Navas-Cortes, J.A., Zarco-Tejada, P.J., 2020. Detection of *Xylella fastidiosa* infection symptoms with airborne multispectral and thermal imagery: Assessing bandset reduction performance from hyperspectral analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 162, 27-40.

2. Tecnología de producción

- Proffitt, A.P.B., y Pearse, B., 2004. Adding value to the wine business precisely: using precision viticulture technology in Margaret River. *Aust. NZ Grapegrower Winemaker*. 491: 40-44.
- Purkis S., y Klemas, V., 2011. *Remote Sensing and Global Environmental Change*. Chichester, West Sussex, UK Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell; 2011. 367 pp
- Román, C., Llorens, J., Uribeetxebarria, A., Sanz, R., Planas, S., Arnó, J., 2020. Spatially variable pesticide application in vineyards: Part II, field comparison of uniform and map-based variable dose treatments. *Biosystems Engineering*, 195, 42-53.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., Harlan, J.C., 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC, Type III, Final Rep
- Sarri, D., Lisci, R., Rimediotti, M., Grandi, F., Vieri, M., 2016. Introducing on the go selective harvest in wine grape vineyard: criticality and chance. En: CIGR-AgEng conference. Aarhus, Denmark.
- Thenkabail, P.S., Smith, R.B., De Pauw, E., 2000. Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. *Remote Sens. Environ.* 71, 158–182.
- Vrindts, E., 2000. Automatic recognition of weeds with optical techniques as a basis for site-specific spraying. PhD Thesis. Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- Zarco-Tejada, P.J., Miller, J.R., Morales, A., Berjón, A., Agüera, J., 2004. Hyperspectral indices and model simulation for chlorophyll estimation in open-canopy tree crops. *Remote Sensing of Environment*, 90, 463–476.
- Zarco-Tejada, P.J., Ustin, S.L., Whiting, M.L., 2005. Temporal and Spatial Relationships between Within-Field Yield Variability in Cotton and High-Spatial Hyperspectral Remote Sensing Imagery. *Agron. J.* 97, 641–653.
- Zarco-Tejada, P.J., Camino, C., Beck, P.S.A., Calderon, R., Hornero, A., Hernández-Clemente, R., Kattenborn, T., Montes-Borrego, M., Susca, L., Morelli, M., Gonzalez-Dugo, V., North, P.R.J., Landa, B.B., Boscia, D., Saponari, M., Navas-Cortes, J.A., 2018. Previsual symptoms of *Xylella fastidiosa* infection revealed in spectral plant-trait alterations. *Nat Plants.*, 4(7), 432-439.

2.19. Sensores de conductividad eléctrica aparente para el análisis de la variabilidad del suelo en Agricultura de Precisión

José Antonio Martínez Casasnovas^{1,3,*}, Jaume Arnó Satorra^{2,3} y Alexandre Escolà Agustí^{2,3}

* joseantonio.martinez@udl.cat

¹ *Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo*

² *Departamento de Ingeniería Agroforestal.*

³ *Universitat de Lleida, Grupo de Investigación en AgróTICa y Agricultura de Precisión, Agrotecnio-CERCA Center*

Índice

1.	Introducción	2
2.	¿Qué es y qué mide la conductividad eléctrica aparente del suelo?	4
3.	Sensores para la medida de la conductividad eléctrica aparente del suelo	6
3.1.	Sensores de contacto galvánico (o de resistividad)	6
3.2.	Sensores de inducción electromagnética	8
4.	Aplicaciones en Agricultura de Precisión	10
4.1.	Aplicaciones en cultivos extensivos	10
4.1.1.	Conocimiento de las causas de la variabilidad y relación con el rendimiento del cultivo	10
4.1.2.	Muestreo dirigido de suelos y zonificación para el manejo diferenciado de las parcelas	12
4.2.	Aplicaciones en cultivos arbóreos	14
4.2.1.	Relación entre la CEa, las propiedades de los suelos y el vigor del cultivo	14
4.2.2.	Mapas de CEa para la sectorización óptima de los sistemas de riego	16
4.3.	Cartografía quasi 3D de la CEa	18
5.	Conclusiones	19

Resumen

Los suelos son un recurso natural fundamental en agricultura, ya que sustentan la vida de las plantas. El conocimiento de sus propiedades y cómo varían en el espacio es fundamental para mantener su productividad y para la toma de decisiones adecuadas sobre su manejo. No obstante, y dadas las características intrínsecas de los suelos de ser entes naturales que se desarrollan en profundidad, los hace difíciles de estudiar y de determinar su variabilidad en un grado de detalle adecuado para aplicaciones en Agricultura de Precisión. No obstante, desde la expansión de las tecnologías de la información geográfica (SIG, Teledetección, GNSS), y de

métodos de interpolación espacial, la percepción y la obtención de mapas del suelo o de propiedades de los suelos está cambiando. Así, dentro del ámbito de las técnicas y tecnologías de la Agricultura de Precisión, los sensores que miden la conductividad eléctrica aparente del suelo (CEa) pueden ser una alternativa a tener en cuenta para poder inferir la variabilidad de las propiedades del suelo en cada punto de una parcela agrícola. Estos sensores se utilizan cada vez más para comprender y evaluar cómo varía espacialmente el suelo y también para definir zonas de manejo diferenciado en parcelas agrícolas, tanto en cultivos extensivos como en plantaciones frutícolas. En el presente artículo se explica qué es y qué mide la conductividad eléctrica aparente del suelo y con qué propiedades del suelo se puede correlacionar. También, los dos tipos de sensores que miden la CEa en continuo y que se utilizan en aplicaciones de Agricultura de Precisión: contacto galvánico directo e inducción electromagnética. Finalmente se exponen diversas aplicaciones de esta tecnología llevadas a cabo por el Grupo de Investigación en AgróTICa y Agricultura de Precisión de la Universitat de Lleida y Agrotecnio-CERCA Center en fruticultura, viñedo y cultivos extensivos.

1. Introducción

Los suelos constituyen un recurso natural fundamental, siendo la base de los ecosistemas terrestres y para la producción de alimentos, forrajes, fibras, masas forestales y energías renovables (Porta *et al.*, 2008). Son cuerpos naturales con una distribución espacial (geográfica) inherente, y el conocimiento de su variabilidad y manejo es fundamental para mantener su productividad y para poder comprender el complejo balance de los procesos físicos y químicos en los que intervienen (Scull *et al.*, 2003).

Tradicionalmente, el enfoque en cartografía de suelos ha sido estudiar su variación en el paisaje como resultado de la acción de los factores y procesos formadores. Este enfoque, que se conoce como de caja negra (Porta *et al.*, 2008), tiene su base conceptual en el modelo de formación de suelos de Jenny (1941) y, dada su simplicidad, ha contribuido de forma muy positiva a la cartografía de suelos. En la mayoría de los casos, el modelo se simplifica considerando la edafogénesis como función de uno o dos factores, pudiendo entonces establecerse funciones de variación de estos factores con los suelos. Éste es el modelo con el cual se han desarrollado la mayor parte de los mapas de suelos a escalas semidetalladas (1:50.000 a 1:250.000) y detalladas (1:25.000). Ahora bien, estos mapas tienen el problema de que, incluso en el caso de los mapas detallados, no muestran la distribución continua del ente natural que es el suelo o de sus propiedades, sino que los agrupan en unidades (cartográficas) como una colección de clases de suelos (clases taxonómicas). Un ejemplo es el que se muestra en la Figura 1, donde se ve como el vigor de los cultivos dentro de las delineaciones de las unidades del mapa de suelos puede presentar una gran variabilidad. De aquí se deduce que el mapa de unidades cartográficas puede no ser el tipo de mapa de suelos más adecuado para propósitos de Agricultura de Precisión.

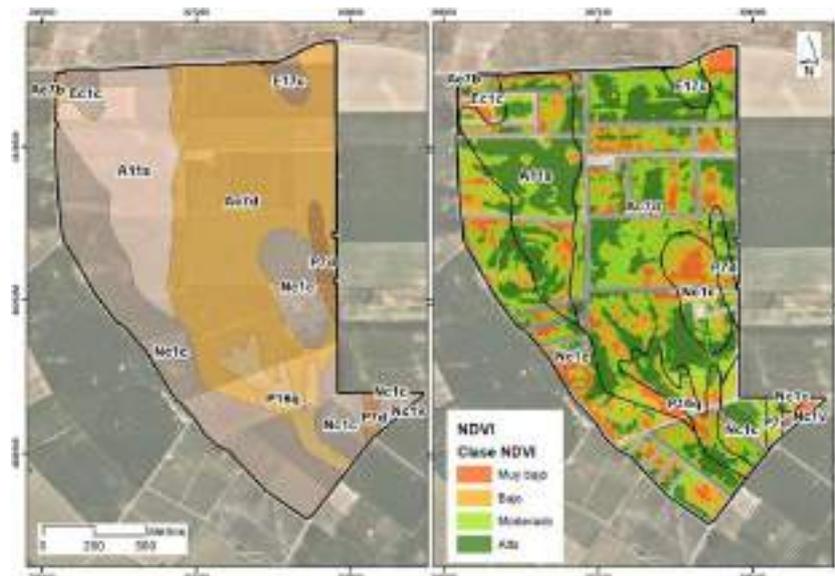


Figura 1. Izquierda: fragmento del Mapa de Suelos detallado a escala 1:25.000 de Cataluña que muestra la distribución de las unidades cartográficas de suelos, basadas en análisis fisiográfico y muestreo de campo para la definición de las unidades taxonómicas (clases de suelos). Sistema de coordenadas ETRS89 UTM31 Zona T. Derecha: clases del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI) calculado a partir de imágenes Sentinel-2A. Fuente: adaptado de Martínez-Casasnovas et al. (2017).

No obstante, desde la expansión de las tecnologías de la información geográfica (Sistemas de Información Geográfica, Teledetección, Sistemas Globales de Navegación por Satélite - GNSS) y de los métodos de interpolación espacial (geoestadística aplicada), la percepción y la obtención de mapas del suelo ha cambiado (Scull *et al.*, 2003). Esto ha provocado un cambio en la manera en que la información de suelos puede presentarse y analizarse espacialmente para satisfacer las demandas de uso de la información de suelos a escalas detalladas, así como en nuevas aplicaciones como la **Agricultura de Precisión**.

Debe tenerse en cuenta, también, que la variabilidad de las propiedades de los suelos no es solo en superficie, sino también en profundidad, lo cual hace que sea todavía más difícil conocer en detalle su variación. Además, esta variabilidad se puede hacer patente a diferentes escalas espaciales. Es decir, el suelo puede presentar propiedades diferentes dentro de una misma parcela, independientemente de su tamaño. Así, incluso en parcelas pequeñas (< 1 ha), muy frecuentes en pequeños huertos hortofrutícolas, puede haber una variación importante de las propiedades de los suelos (Figura 2).

Que el suelo sea variable y que esta variabilidad afecte a los cultivos y a su productividad es bien conocido, pero hasta principios de la primera década del 2000 esta variabilidad era difícil de caracterizar. Actualmente, los agricultores y técnicos tienen al alcance una diversidad de sensores para caracterizar algunas propiedades relevantes de los suelos. Probablemente, los más conocidos y utilizados son los sensores de humedad, que se emplean para la programación del riego. No obstante, dado que (en el mejor de los casos) los sensores que se instalan en una parcela son uno o dos, difícilmente puede conocerse la variación espacial del contenido de humedad de forma continua en toda la parcela. Así, el problema de estas medidas puntuales, como por ejemplo también lo son las tradicionales muestras de suelos, es la representatividad espacial de los puntos de muestreo. Es decir, ¿a qué superficie de la parcela representa una determinada sonda de humedad o una determinada muestra de suelos? ¿Cuál sería el número

de sensores adecuado o la cantidad de muestras a realizar? Esto es normalmente desconocido si no se ha hecho antes una cartografía muy detallada de los suelos. Pero, a su vez, hacer esta cartografía detallada es difícil y costoso, dado el carácter intrínseco de los suelos como cuerpos naturales que se desarrollan en profundidad y que, por tanto, no se ven.

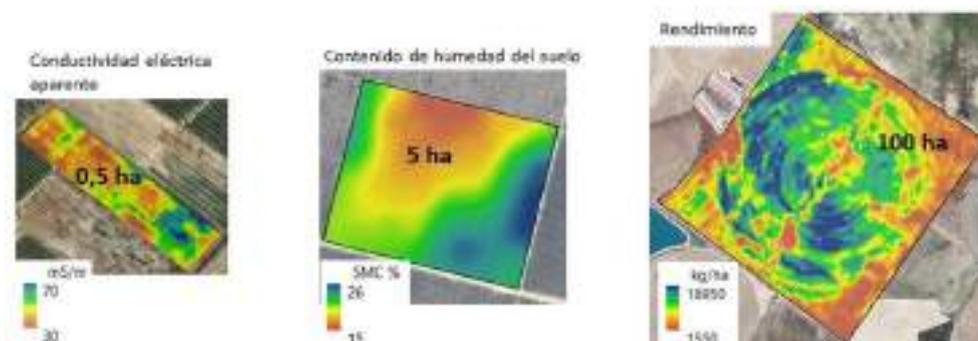


Figura 2. Comparación de la variación de propiedades de los suelos en diferentes tamaños de parcela. Izquierda: variación de la conductividad eléctrica aparente del suelo en una parcela de 0,5 ha. Centro: variación del contenido de humedad del suelo en una parcela de 5 ha. Derecha: variación del rendimiento en una parcela de 100 ha cultivada con maíz. Fuente: elaboración propia

Dentro del ámbito de las técnicas y tecnologías de la Agricultura de Precisión, los sensores que miden la **conductividad eléctrica aparente del suelo (CEa)** pueden ser una alternativa a tener en cuenta para poder inferir la variabilidad de las propiedades del suelo en cada punto de una parcela agrícola. Estos sensores se utilizan cada vez más para comprender y evaluar cómo varía espacialmente el suelo (Corwin y Lesch, 2003), y también para definir zonas de manejo diferenciado en parcelas agrícolas, tanto en cultivos extensivos como en plantaciones frutícolas (Käthner y Zude-Sasse, 2015, Uribeetxebarria *et al.*, 2018a). Como la CEa varía en una escala espacial similar a la de muchas propiedades físico-químicas del suelo (Sudduth *et al.*, 2003), esta tecnología está siendo ampliamente aceptada y utilizada. Específicamente, se han documentado buenas correlaciones con la salinidad del suelo, el contenido de retención de humedad y la textura del suelo (Corwin y Lesch, 2005), o incluso con el contenido de C orgánico (Sudduth *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2009), la capacidad de intercambio catiónico (Sudduth *et al.*, 2005), el contenido de CaCO₃ (Kühn *et al.*, 2009; Uribeetxebarria *et al.*, 2018a), o la profundidad del suelo (Uribeetxebarria *et al.*, 2018a). Sin embargo, a pesar de estas buenas características predictivas, son escasos los estudios que refieren el uso de este tipo de sensores en horticultura y, más concretamente, en plantaciones frutales del área mediterránea.

En las siguientes secciones se ofrecen algunos conceptos sobre la medida de la CEa, así como de los tipos de sensores existentes y de la aplicación de esta tecnología en Agricultura de Precisión, tanto en cultivos extensivos como en cultivos arbóreos.

2. ¿Qué es y qué mide la conductividad eléctrica aparente del suelo?

La conductividad eléctrica (CE) es la medida de la capacidad de un material para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. Su unidad de medida es S/m (siemens por metro), siendo el siemens la unidad del Sistema Internacional de Unidades para la medida de la conductancia eléctrica. En este caso, el material que actúa como conductor es el suelo y la CE mide la

capacidad de éste para conducir la corriente eléctrica gracias a la interacción de diferentes propiedades.

Las medidas estándar de la CE se realizan en extractos acuosos de muestras de suelo (p.e., en extracto de pasta saturada, o en extracto acuoso 1:5). Debido al tiempo, la mano de obra y el coste de obtener extractos de la solución del suelo, en las últimas décadas, se han desarrollado técnicas para la medida de la **CE del suelo “en bruto”**, lo que se conoce como **conductividad eléctrica aparente del suelo (CEa)**. Así, la CEa mide la conductancia no solo a través de la solución del suelo, sino también a través de las partículas sólidas del suelo y mediante los cationes intercambiables que existen en la interfaz sólido-líquido de los minerales arcillosos (Corwin y Lesch, 2003). Por tanto, la conductancia eléctrica en suelos suficientemente húmedos se debe, principalmente, a las sales contenidas en la solución del suelo que ocupan los poros más grandes; en consecuencia, la medición de la CEa está estrechamente relacionada con la salinidad del suelo (Rhoades *et al.*, 1999). Sin embargo, también hay una contribución de la fase sólida, principalmente a través de los cationes intercambiables asociados a las arcillas (componente textural del suelo) y, además, a través de las partículas del suelo en contacto directo y continuo entre sí (Rhoades *et al.*, 1999).

Estas relaciones entre la CEa y las propiedades de los suelos, aunque variables según los casos, se han aprovechado hasta convertirse en un medio ampliamente aceptado de establecer la variabilidad espacial de las propiedades físico-químicas del suelo que influyen en su medición. No obstante, hay que saber que, dada la complejidad de las interacciones entre los diferentes componentes del suelo, no existe una correspondencia exacta entre la CEa y el contenido de salinidad, la textura u otras propiedades del suelo, sino que en cada caso se habrá de determinar mediante muestreos y análisis en laboratorio. A pesar de eso, autores como Lund *et al.* (1999) han llegado a establecer una correspondencia aproximada, como la que se muestra en la Figura 3. Las arcillas pesadas, con alto contacto entre partículas y alta capacidad de retención de humedad, son altamente conductoras. Las arenas gruesas, con contacto limitado entre partículas y baja capacidad de retención de humedad, son malos conductores. En suelos salinos, la respuesta de la CEa viene condicionada por la presencia de sales disueltas en el agua de los poros del suelo. Así, los valores de la CEa de las manchas salinas suelen ser mucho más altas que los obtenidos en arcillas pesadas.

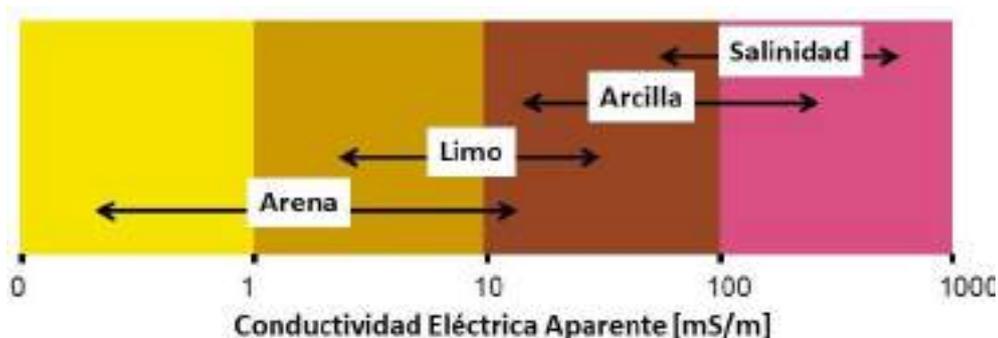


Figura 3. Correspondencia aproximada entre la conductividad eléctrica aparente del suelo y la abundancia en el suelo de las diferentes fracciones texturales y/o salinidad. Fuente: adaptado de Lund *et al.* (1999) y <https://www.veristech.com/the-sensors/v3100>.

No obstante, a pesar del enmascaramiento que puede producir el moderado o alto contenido en sales de un suelo en la inferencia de otras propiedades de interés, la medida de la CEa es una

de las herramientas más utilizadas en Agricultura de Precisión para la caracterización espacio-temporal de propiedades edáficas y antropogénicas que influyen en el rendimiento de los cultivos (Corwin y Lesch, 2005) o, por lo menos, para analizar su variabilidad a lo largo y ancho de las parcelas. Más información sobre la teoría y los principios básicos de medición de la CEa y lo que realmente mide, así como de las diferentes técnicas de medición, puede encontrarse en Corwin y Lesch (2003, 2005).

En la siguiente sección se presentan los diferentes tipos de sensores para la medida de la CEa y sus características.

3. Sensores para la medida de la conductividad eléctrica aparente del suelo

Los sensores existentes para medir la CEa en continuo se diferencian según el método utilizado para introducir o inducir una corriente eléctrica en el suelo: **contacto galvánico directo**, o por **inducción electromagnética**. En ambos casos, y tal como se ha explicado anteriormente, el suelo mostrará una reacción determinada al paso de la electricidad dependiendo de sus propiedades. Como también se ha mencionado, la CEa se mide en siemens por metro (S/m), aunque en el caso de este tipo de medidores, y debido a la magnitud de la corriente inyectada y medida, la unidad más habitual son los milisiemens por metro (mS/m).

3.1. Sensores de contacto galvánico (o de resistividad)

Los sensores de resistividad eléctrica se basan en la introducción de una corriente eléctrica en el suelo a través de electrodos (transmisores) en contacto con la superficie del suelo (o a muy poca profundidad) y en la medición de la diferencia en el potencial de flujo de corriente en electrodos de potencial (receptores). Este método tiene su origen en la segunda década del siglo XX, siendo primeramente utilizado por Conrad Schlumberger en Francia y Frank Wenner en los Estados Unidos (Corwin y Lesch, 2005), si bien no fue hasta la década de los años 1990, después de la aparición de los sistemas satelitales de navegación global (GNSS) para uso civil, que se implementó a nivel comercial en la cartografía en continuo de la CEa.

Un ejemplo de este tipo de instrumentos es el desarrollado por Lund *et al.* (1999), denominado Veris 3100 Soil EC Mapping System (Veris Technologies, Inc., Salina, KS, EEUU). Ciertamente, el principio de funcionamiento es bastante simple y la configuración se conoce como “Wenner array” (Corwin y Lesch, 2005). La Figura 4 ilustra el principio de funcionamiento. La corriente eléctrica es inyectada en el suelo a través de un par de discos que penetran en el suelo unos 4-6 cm y que actúan como electrodos de corriente (electrodos de transmisión). Dependiendo de las propiedades físico-químicas del suelo, este será mejor o peor conductor de la electricidad, y el sensor captará una señal eléctrica de mayor o menor magnitud. Esto se hace mediante dos parejas adicionales de discos (electrodos de voltaje o receptores). Uno de estos pares de discos de voltaje se encuentra situado entre los discos de corriente, siendo la CEa asociada a estos discos la correspondiente a una profundidad de suelo entre 0-30 cm. Los otros dos discos de voltaje están situados en los extremos de la barra soporte o bastidor, por fuera de las ruedas de transporte. Esta mayor distancia entre discos permite cerrar un circuito eléctrico dentro de una profundidad aproximada de hasta 90 cm. Por tanto, mediante esta configuración dual, el sensor Veris 3100 proporciona dos medidas de CEa (superficial y profunda). Esta funcionalidad es

ventajosa, ya que permite inferir si las propiedades del suelo se mantienen uniformes con la profundidad o, por el contrario, el suelo presenta capas u horizontes con diferentes propiedades edáficas contrastantes. Debe tenerse en cuenta que en parcelas agrícolas el horizonte superficial es el más alterado durante las operaciones de laboreo.

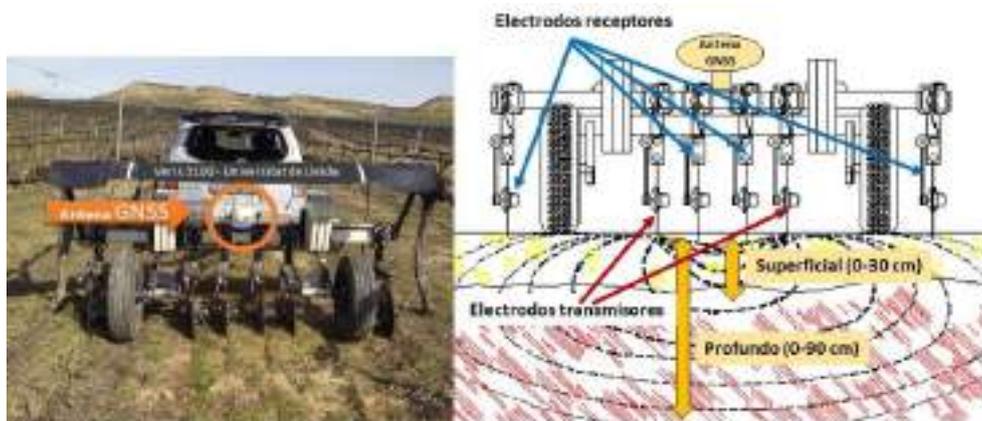


Figura 4. Izquierda: medidor de CEa de contacto galvánico Veris 3100 (Veris Technologies, Inc, Salina, KS, EEUU) de la Universitat de Lleida. Derecha: Ilustración del principio de funcionamiento del sensor Veris 3100. El sensor registra la conductividad eléctrica aparente de dos profundidades de suelo exploradas: superficial (0-30 cm) y profundo (0-90 cm). Muestra un punto cada segundo y lo georreferencia mediante un receptor GNSS que realiza una corrección diferencial a partir de la señal EGNOS, lo que garantiza una precisión submétrica de la localización de las lecturas. Fuente: foto José A. Martínez, gráfico adaptado de <https://www.veristech.com/the-sensors/v3100>

Tal como se indica en la Figura 4, el sistema incluye un receptor GNSS y un sistema electrónico de adquisición que registra la CEa de las dos profundidades de suelo exploradas a razón de un punto cada segundo. El sistema está diseñado para realizar medidas en continuo y solo registra datos si detecta movimiento del equipo. Así, la densidad de puntos adquiridos dependerá de la velocidad de desplazamiento del sensor (que puede ser de hasta 22 km) y de la distancia entre pasadas (entre 12 m y 15 m, en parcelas de cultivo extensivo; o a menor distancia si se pasa por las calles de plantaciones frutícolas), y. De esta forma, se pueden conseguir resoluciones de datos entre 200 y 1000 puntos/ha.

Un ejemplo de los datos que se adquieren con este tipo de sensor se muestra en la Figura 5. En este caso, se muestra una parcela de paraguayos (*Prunus persica* var. *platycarpa*), con un marco de plantación de 5 x 2,8 m, donde se consiguió una densidad muy alta (990 puntos/ha) al ser la distancia entre pasadas de solo 5 m, y adoptar una baja velocidad de desplazamiento.

Otro ejemplo de medidor de CEa que se basa en el mismo principio que el sensor Veris 3100 es el "Automatic Resistivity Profiler" (ARP) de la empresa Geocarta (París, Francia) (Dabas, 2008). En este caso, se trata de un sensor multipolo compuesto por cuatro pares de electrodos (discos) dispuestos en forma de V, los cuales están diseñados específicamente para optimizar la calidad de la señal adquirida. Como en Veris 3100, un par de electrodos se utiliza para inyectar corriente eléctrica en el suelo y los otros tres pares funcionan como electrodos receptores. Estos se disponen a una distancia de 0,5, 1 y 2 m de los discos de inyección, de forma que son capaces de medir la CEa hasta dichas profundidades, respectivamente.

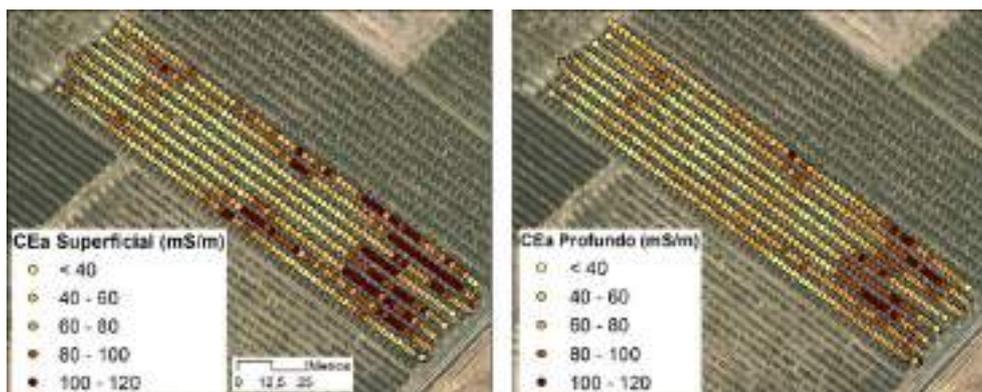


Figura 5. Ejemplo de puntos de muestreo adquiridos por el sensor Veris 3100 en una parcela de paraguayos (*Prunus persica* var. platycarpa) de 0,65 ha localizada en Gimenezs (Lleida). En total se adquirieron 644 puntos, lo que supone una densidad de 990 puntos/ha. Izquierda: valores de CEa medidos entre 0-30 cm (CEa superficial). Derecha: valores de CEa medidos entre 0-90 cm (Cea profunda). Fuente: elaboración propia a partir de datos adquiridos en el proyecto AgVANCE (AGL2013-48297-C2-2-R)

Como complemento a las medidas de CEa mediante contacto galvánico, la empresa Veris Technologies Inc. ha desarrollado, más recientemente, otros sistemas que, junto con la CEa, también son capaces de estimar el contenido de materia orgánica y el pH del suelo. Estos sensores se incorporan en los equipos MSP3 e iScan+. La materia orgánica se estima a través de un sensor óptico que se introduce en el suelo a través de una reja, y el pH se mide mediante un electrodo específico, si bien de este último se obtienen muchas menos lecturas por hectárea (de 10 a 25 muestras). Para más información se puede consultar la página web www.veristech.com.

3.2. Sensores de inducción electromagnética

Otro tipo de sensores para medir la CEa son los de inducción electromagnética (IEM). La aplicación de la IEM en la medida de la CEa apareció por primera vez a finales de la década de 1970 y principios de 1980, con el fin de medir la salinidad del suelo (Corwin y Lesch, 2005). Actualmente, los dos medidores de CEa de esta tipología más extendidos y utilizados son el EM38 (Geonics Ltd., Canadá) y el Dualem-2 (Dualem Inc., Milton, Canadá).

El principio del funcionamiento se muestra en la Figura 6. El sensor consta de una barra en la que hay tres bobinas, una en un extremo y las otras en el otro. Una de estas bobinas está alimentada por una corriente alterna y genera un campo magnético primario que se introduce en el suelo. El desplazamiento del sensor, sin necesidad de contacto físico con el suelo, induce una corriente eléctrica, ya que el suelo se comporta como un conductor. La mayor o menor capacidad del suelo para conducir la corriente eléctrica hace que las corrientes inducidas generen, en una segunda etapa, un campo magnético secundario de magnitud proporcional que, añadido al campo magnético primario, acaban atravesando el campo magnético que forman las otras bobinas situadas en el otro extremo de la barra. Estas bobinas tienen devanados diferentes, uno en sentido vertical y el otro en sentido horizontal, lo cual hace que puedan captar la señal a diferentes profundidades. Así, el voltaje medido en estas bobinas estará pues relacionado con la CEa del suelo correspondiente a distintas profundidades y, por lo tanto, a distintos volúmenes del mismo.

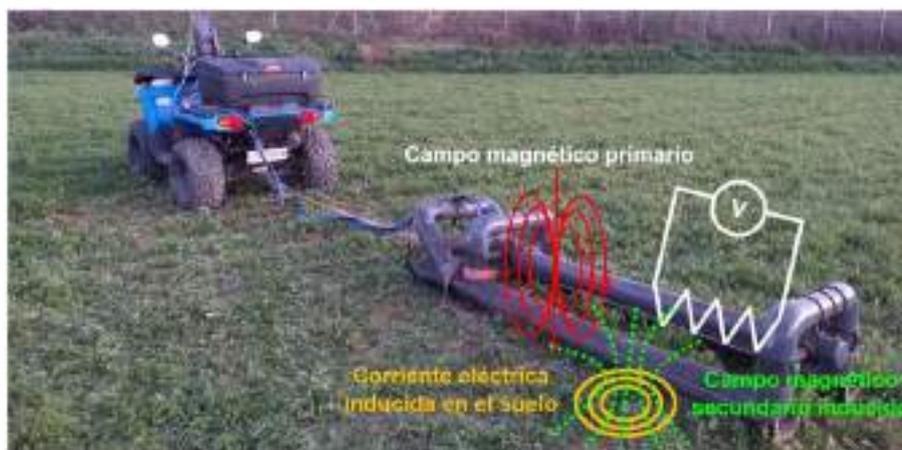


Figura 6. Ejemplo de medidor de la CEa mediante inducción electromagnética, en la que se muestra el principio de funcionamiento. En la foto el sensor Dualem-2 (Dualem Inc., Milton, Canadá) montado en un trineo de tubos de PVC y arrastrado por un quad (empresa Agrarium, Monzón, Huesca). Fuente: foto Jaume Arnó. Gráfico, elaboración propia

De los dos sensores IME mencionados, el EM38 quizá ha tenido una aplicación considerablemente mayor para fines agrícolas debido a que la profundidad de medición cubre aproximadamente toda la zona radicular (es decir, 1,5 m). En la configuración de la bobina con devanado horizontal, la profundidad de la medición es de 0,75-1,0 m, y en la configuración con devanado vertical, la medida llega hasta 1,5 m (Corwin y Lesch, 2005; Gebbers *et al.*, 2009). El Dualem-2 tiene una separación de 2 m entre el transmisor y los receptores, que también son una bobina con devanado horizontal y otra con devanado vertical. Con la configuración por defecto, las profundidades medidas de CEa son de hasta 1 m y 3,2 m, respectivamente. Sin embargo, en aplicaciones agrícolas suele únicamente interesar la CEa de la zona radicular y no hasta tanta profundidad. Esto se puede lograr de diferentes modos: (i) variando el espaciado de las bobinas, (ii) variando la frecuencia de operación, (iii) variando la geometría de la matriz de las bobinas o (iv) variando la altura de medición sobre el suelo (Gebbers *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2010). Un ejemplo de esta diferente configuración se muestra en la Figura 7, en la que el sistema se configuró para obtener la CEa de 0-30 cm y de 0-80 cm, variando la distancia entre bobinas y la altura de la barra en el patín.



Figura 7. Cartografía de la CEa en una plantación súper intensiva de almendros de 6,5 ha localizada en Raimat (Lleida), mediante el sensor Dualem-2 (empresa Agrarium, Monzón, Huesca). La imagen de la derecha muestra los puntos de muestreo adquiridos coloreados según el valor de la CEa superficial. Fuente: izquierda, foto José A. Martínez; derecha, elaboración propia a partir de datos adquiridos en el proyecto PAgFRUIT (RTI2018-094222-B-I00)

A diferencia de los sensores de contacto galvánico, los sensores de IEM tienen la ventaja de que no es necesario garantizar un buen contacto entre el suelo y el sensor. Sin embargo, los sensores IEM requieren una calibración más compleja. Además, la presencia cercana de elementos metálicos (como, por ejemplo, los postes metálicos para el guiado de los árboles o cepas de una plantación), puede ocasionar interferencias en las medidas. En cuanto a la medida de la CEa, ambas tipologías de sensores presentan valores similares. No obstante, algunos autores como Gebbers *et al.* (2009), que han comparado los dos tipos de sensores, concluyen que los de contacto galvánico pueden ser más idóneos para aplicaciones en Agricultura de Precisión.

4. Aplicaciones en Agricultura de Precisión

Como se deduce de lo anteriormente expuesto, la CEa del suelo es una medida rápida y puede adquirirse en multitud de puntos dentro de una parcela con una alta resolución espacial. A partir de aquí, mediante interpolación, se pueden generar mapas continuos con la estimación del valor de la CEa en cada punto de la parcela. Esto puede servir para conocer cómo es el campo en cuanto a la variabilidad de las propiedades del suelo se refiere, obteniendo con esto una información complementaria a la proporcionada por los mapas de vigor o los de rendimiento. Y es que estos mapas (vigor y/o rendimiento) no proporcionan por sí solos toda la información necesaria para el conocimiento de las causas de la variabilidad de los cultivos ni para conocer las posibles actuaciones de mejora. En otros casos, los mapas de CEa pueden poner de manifiesto una variabilidad inducida por acciones antrópicas, que no son fácilmente detectables por otros medios. Por estas razones, la medida de la CEa se está extendiendo cada vez más como una de las aplicaciones de la Agricultura de Precisión, tanto para evaluar la calidad del suelo, como para conocer las causas de la variabilidad del desarrollo y rendimiento de los cultivos, como para delimitar zonas de manejo diferenciado, entre otras aplicaciones. Además, no hay que olvidar otras posibles causas de la variabilidad en el desarrollo de los cultivos como pueden ser las enfermedades, plagas, anomalías o fallos en los sistemas de riego o bien las acciones de manejo en sí.

A continuación, en las siguientes secciones se exponen diversos casos de aplicación, tanto en cultivos extensivos como en viña y frutales, en los que los autores han trabajado en diversos proyectos de investigación y estudios llevados a cabo por el Grupo de Investigación en AgróTICA y Agricultura de Precisión de la Universitat de Lleida / Agrotecnio-CERCA Center.

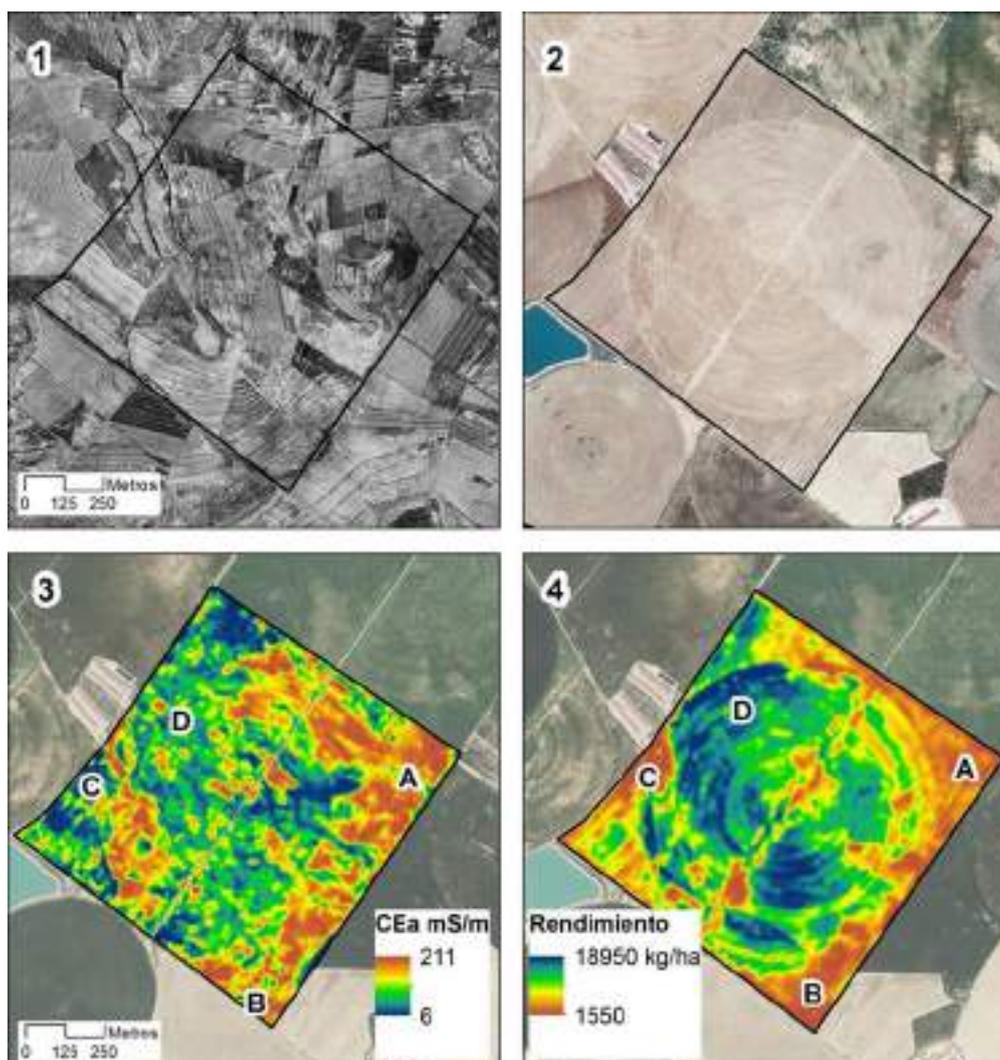
4.1. Aplicaciones en cultivos extensivos

4.1.1. Conocimiento de las causas de la variabilidad y relación con el rendimiento del cultivo

Muchas de las parcelas actuales provienen de las transformaciones de tierras y reparcelaciones que tuvieron lugar desde la segunda mitad del siglo XX con el fin de facilitar la mecanización de las labores agrícolas. Se han creado parcelas de mayores dimensiones en base a movimientos de tierras y nivelaciones, alterando las características iniciales e induciendo una mayor variabilidad en las propiedades de los suelos en las parcelas resultantes. Esto, a su vez, produce un comportamiento desigual en el desarrollo de los cultivos y sus rendimientos.

Tener conocimiento de las propiedades de los suelos y su variabilidad espacial es clave para mejorar los rendimientos y también la calidad de la producción, pero también para mejorar la

eficiencia en el uso de insumos. Un ejemplo de la aplicación de la medida de la CEa en parcelas de cultivos extensivos es el que se muestra en la Figura 8. Esta figura muestra una parcela, de aproximadamente 100 ha, que fue creada a partir de la transformación de tierras realizada durante la década de 1980, pasando de numerosas parcelas más pequeñas, separadas por márgenes y bancales, a la actual de mayor extensión (Figura 8.1 y 8.2). El muestreo de la CEa con el sensor Veris 3100 mostró un rango de valores muy variable, de 6 a 211 mS/m, con un patrón de variabilidad espacial que muestra diferentes zonas con valores bajos, medios y altos (Figura 8.3). Además, también se muestra el mapa de cosecha (rendimiento) de maíz en la parcela (Figura 8.4).



La Figura 8 muestra la importancia de disponer de mapas de CEa para el conocimiento de las causas de la variabilidad de la cosecha. En primer lugar, si solamente dispusiéramos de la ortofoto de la Figura 8.2, se podría llegar a pensar que, después de la transformación de tierras realizada, la parcela es homogénea. No obstante, el mapa de cosecha de la Figura 8.4 demuestra que no es así, sino que hay una variabilidad considerable. Con el mapa de cosecha se pueden conocer las zonas donde hay un mayor o menor rendimiento, o un rendimiento medio, pero no las causas de la variabilidad. ¿Qué quiere decir esto? Que quizá no todas las zonas con un mismo color en el mapa (p.e., tonalidades naranjas en la Figura 8.4, que indica bajo rendimiento) tienen porqué tener el mismo problema o causa para ese bajo rendimiento. Si se compara el mapa de cosecha (Figura 8.4) con el mapa de la CEa (Figura 8.3), en las zonas indicadas con las letras A, B y C, se ve que hay un bajo rendimiento del cultivo, pero en la Figura 8.3 los valores de la CEa son muy diferentes (altos en la zona A y bajos en la zona C). Esto indica que las causas de la variabilidad son diferentes, y que el bajo rendimiento que se da en ambas zonas no tiene la misma causa.

En el caso del ejemplo de la Figura 8, mediante observaciones de campo y análisis de suelos en las zonas indicadas, se pudo determinar que los problemas en las zonas A y B son debidos a la salinidad, que causa la drástica disminución del rendimiento del maíz, así como el mal drenaje. Esto se pone de manifiesto en el mapa de CEa con los valores más elevados de la conductividad eléctrica aparente (mayores de 80-100 mS/m). Sin embargo, el bajo rendimiento en la zona C se debe a la textura arenosa y la baja profundidad del suelo por un contacto paralítico (roca arenisca). Esto se pone de manifiesto en los valores bajos de CEa en esta zona (menores de 20 mS/m), traduciéndose en una baja fertilidad del suelo y menor capacidad de retención de humedad, lo cual repercute también en el rendimiento del maíz. La zona D, con valores intermedios de CEa que se corresponden con suelos de texturas más equilibradas sin presencia de salinidad, es donde se dan los rendimientos más elevados.

Sin embargo, es cierto también que hay información que el mapa de CEa no aporta y sí en cambio el mapa de cosecha (como también podrían hacerlo los mapas de vigor obtenidos a partir de imágenes de satélite u otros medios a lo largo del ciclo del cultivo), y de ahí la importancia de combinar la información de diferentes fuentes. Por ejemplo, este es el caso del cambio brusco de rendimiento que se observa encima de la zona D y debajo de la zona C (Figura 8.4) y que no se observa en el mapa de CEa (Figura 8.3). En este caso, el origen de dicha discontinuidad en los valores del rendimiento no se debe a la variabilidad de las propiedades del suelo, sino al sistema de riego, que estaría indicando que en las coberturas de aspersores (esquinas de la parcela) se puede estar aplicando dosis inferiores a la que aporta el pívot central.

4.1.2. Muestreo dirigido de suelos y zonificación para el manejo diferenciado de las parcelas

Otro ejemplo de utilización de mapas de CEa es el que se muestra en la Figura 9. En ella, se muestra la situación anterior a una reparcelación llevada a cabo a final de la década de 1990 (Figura 9.1) y el resultado de la transformación de tierras llevada a cabo (Figura 9.2). En la situación previa, se observa como dentro del recinto de la parcela actual había una balsa de riego y también atravesaba un camino. Además, la zona estaba dividida en 4 parcelas o partes de ellas. El mapa de CEa generado a partir de datos del sensor Veris 3100 (Figura 9.3) puso de manifiesto la estructura lineal del camino enterrado, así como valores muy elevados de CEa en la zona de la antigua balsa, que fue rellenada con materiales de zonas adyacentes donde

afloraban lutitas con alto contenido en sales. A partir del mapa de CEa se dirigió un muestreo de suelos a dos profundidades (0-30 cm y 30-60 cm) con el fin de establecer la correspondencia entre la CEa y las propiedades de los suelos.

El muestreo llevado a cabo (Figura 9.3) puso de manifiesto que los suelos de la parcela son, en general, poco profundos. En la mayor parte de los puntos muestreados, el material originario (lutitas) aparecía entre 30 y 45 cm, constituyendo en muchos casos el horizonte cultivado. Este material lutítico es rico en sales y tiene una textura franco arcillo-limosa o franco limosa, con un contenido medio de arcilla del 25%. En particular, en la zona de CEa alta (Figura 9.4) se registraron niveles de sodio muy elevados, lo cual hacía recomendable eliminar el exceso de sodio en el complejo de cambio mediante una enmienda caliza, como por ejemplo con la aportación de yeso. También, en dicha zona se detectaron contenidos de nitratos muy elevados, dado que los cultivos no se desarrollan y no se consume el nitrógeno aportado, ni se elimina por el mal drenaje de estos suelos.

Esta información es de gran interés para la gestión diferenciada de la aportación de insumos en la parcela, ya que si no se mejoran las condiciones del suelo (y esto, en este caso particular, puede ser a largo plazo), hay zonas en la parcela con un potencial productivo muy bajo donde, por mucho fertilizante que se aporte, el cultivo no lo aprovechará. Así, el ajuste y/o redistribución de dosis en esta parcela puede suponer un incremento del beneficio al adaptarse la fertilización al potencial productivo de cada zona y evitar así el coste de oportunidad que supone un manejo uniforme así como las posibles consecuencias medioambientales.

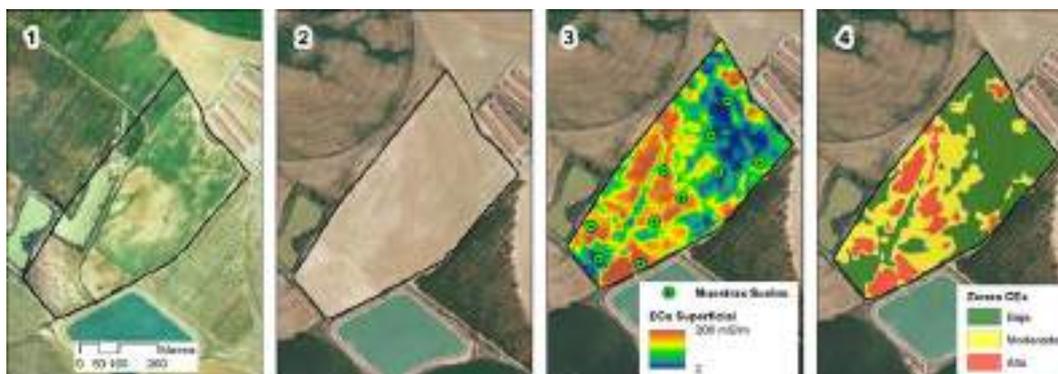


Figura 9. Ejemplo de mapa de CEa y su zonificación en tres zonas en base a la reclasificación de los valores, con el fin de establecer recomendaciones de manejo diferenciado en cultivos extensivos. 1) Parcelación en 1997. 2) Parcelación actual. 3) Mapa de la CEa superficial y puntos de muestreo para la caracterización de los suelos. 4) Mapa de zonas de manejo diferenciado. *Fuente: elaboración propia a partir de datos de CEa adquiridos con el sensor Veris 3100 en estudios realizados por los autores y ortofotos históricas de IDEARAGON (Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón).*

En resumen, como se muestra en los ejemplos anteriores, la utilización de diversas fuentes de datos sobre la variabilidad de las propiedades de los suelos y el rendimiento o vigor de los cultivos, y su correcta interpretación, puede ser muy útil para identificar problemas. En particular, los mapas de CEa pueden ser muy útiles para conocer el potencial productivo de los suelos de la parcela y analizar las propiedades que limitan dicho potencial. Los problemas de salinidad y mal drenaje pueden solucionarse en muchos casos mediante la instalación de drenes y lavados. Los problemas de textura pueden ser más difíciles de solucionar, aunque la aplicación de enmiendas orgánicas y el riego adaptado con un suministro más frecuente de agua y

fertilizantes podría ser una posible solución. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la aplicación de técnicas de Agricultura de Precisión no implica siempre obtener beneficios a corto plazo.

4.2. Aplicaciones en cultivos arbóreos

4.2.1. Relación entre la CEa, las propiedades de los suelos y el vigor del cultivo

El cambio de la agricultura tradicional a una más mecanizada ha afectado también a las plantaciones frutícolas. Los efectos producidos sobre la variabilidad del suelo en estas plantaciones y sobre la variabilidad inducida no han sido suficientemente estudiados. Al igual que en los casos expuestos anteriormente, los sensores de CEa pueden servir para analizar el terreno y poner de manifiesto las transformaciones realizadas, así como la variabilidad inducida en las propiedades del suelo.

Un ejemplo de esto es el estudio realizado por Uribeetxebarria *et al.* (2018b) en una plantación de nectarinos localizada en el término municipal de Aitona (Lleida). En este caso, la transformación de tierras realizada en la década de 1980 quedó patente en el mapa de la CEa obtenido mediante el sensor Veris 3100. La Figura 10 ilustra la situación anterior a la transformación y el posterior efecto sobre la variabilidad de la CEa.

Tal como muestra la Figura 10.1, antiguamente el cultivo tradicional eran árboles de secano (olivo o almendro) organizados en bancales para adaptarse mejor a la morfología del terreno. De esta manera, se evitaba la erosión y se favorecía el almacenamiento de agua, muy importante en condiciones de secano. Con la transformación realizada para la creación de plantaciones intensivas de frutales, se eliminaron los bancales, con consecuencias para la continuidad de las propiedades de los suelos. Esto queda claramente reflejado en las zonas A y B de la Figura 10.2, donde se muestra la discontinuidad que quedó en los suelos después de los movimientos de tierra para eliminar los bancales. En particular, en la zona B, la baja CEa es consecuencia de los elementos gruesos de rocas calcáreas con baja CEa y nula fertilidad físico-química que hicieron aflorar los movimientos de tierras. Los valores de CEa en la zona A se corresponden con una menor profundidad del suelo, lo que explica el menor desarrollo de los árboles (Figura 10.3). La zona C presenta valores mayores de CEa, que indican presencia de salinidad. Sin embargo, el vigor de los frutales tanto en la zona C como en la B es mejor, contrastando con las propiedades del suelo inferidas a partir de la CEa.

El estudio de Uribeetxebarria *et al.* (2018b) demostró que, en el caso de suelos con contenidos moderados o altos de sales, la correlación entre la CEa y la textura u otras propiedades de interés puede verse enmascarada, no observándose correlaciones significativas. Así, las únicas correlaciones obtenidas a partir de los análisis realizados en 40 puntos de muestreo fueron con la CE 1:5 (CE del extracto acuoso 1:5) y con la profundidad del suelo, pero no con propiedades como los componentes texturales, materia orgánica o capacidad de retención de humedad, por ejemplo. Tampoco se observó una correlación entre la CEa y el NDVI en los mismos puntos de muestreo, como se puede comprobar en la falta de correspondencia entre las Figuras 10.2 y 10.3. La razón de esta discrepancia la podemos encontrar en el riego localizado de los árboles que, por un lado, mantiene la salinidad fuera del bulbo húmedo explorado por las raíces y, por otro, proporciona los nutrientes necesarios vía fertirrigación. Esto afecta particularmente a las áreas donde se encontraban los antiguos bancales que fueron eliminados en la reparcelación,

que supuso una alteración de las propiedades de los suelos originales. No obstante, un análisis multivariante de la varianza (MANOVA) puso de manifiesto que, además de la salinidad y la profundidad del suelo, el contenido de arcilla también se mostró como propiedad relevante que contribuye a la CEa medida. Así mismo, el contenido de limo, arena y la capacidad de retención de humedad estaban más correlacionadas con el NDVI.

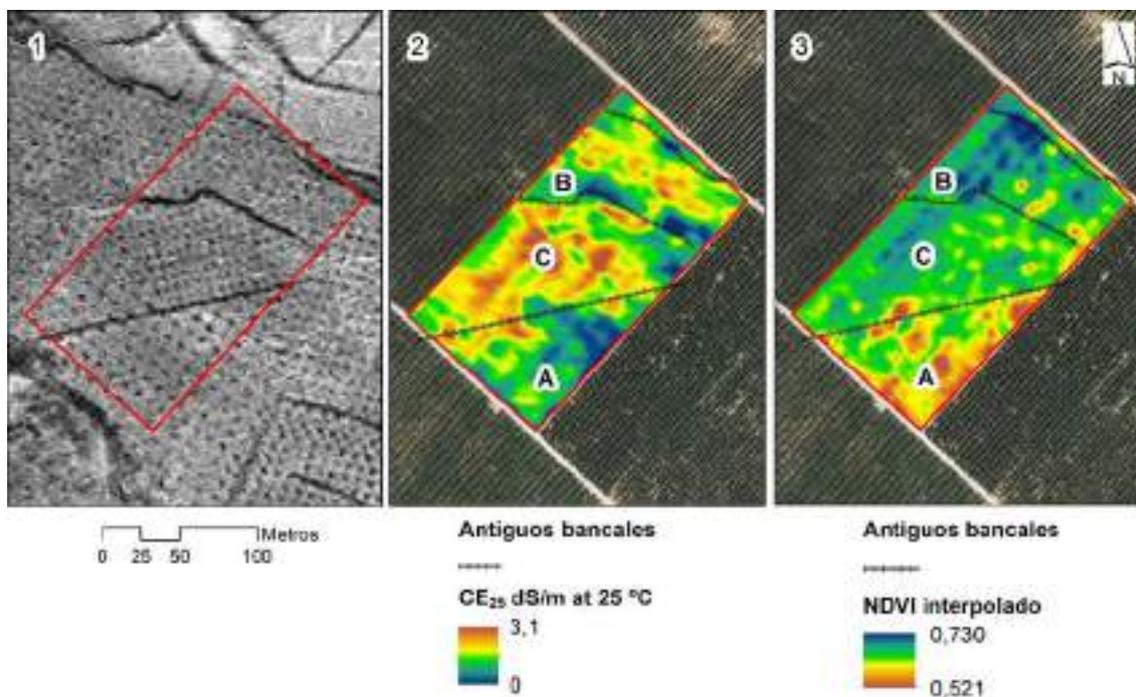


Figura 10. Comparación de la situación anterior a una transformación de tierras y cultivos en una zona del municipio de Aitona (Lleida). 1) Ortofotografía de la zona de estudio a finales de la década de 1940 (Vuelo Americano Serie A 1946-47) que muestra la situación anterior a la transformación de tierras donde se aprecia el cultivo de almendros y olivos en secano. 2) Mapa de la CEa (transformada a valores de CE en unidades de dS/m a 25°C) donde se aprecia la disposición de los antiguos bancales que fueron eliminados para la creación de nuevas parcelas más fácilmente mecanizables. 3) Mapa del NDVI interpolado a partir del NDVI promedio de cada árbol de la plantación de nectarinas obtenido de una imagen multiespectral de 0,25 m/píxel adquirida desde avioneta. Fuente: adaptado de Uribeetxebarria et al. (2018b), proyecto AgVANCE (AGL2013-48297-C2-2-R).

En el caso del ejemplo de Uribeetxebarria *et al.* (2018b), los resultados sugirieron varias estrategias de manejo variable de la plantación. Una estrategia estaría basada en establecer zonas de manejo en base a clases de CEa que servirían, principalmente, para incrementar las dosis de riego en los puntos con CEa más elevada y así favorecer el lavado de sales y ampliar los bulbos libres de sales. En la actualidad, esta recomendación no sería fácil de implementar, ya que el sistema de riego consta de un solo sector, pues fue diseñado para realizar riegos uniformes sin tener en cuenta la variabilidad espacial del suelo. No obstante, podría ser posible actuar aumentando el número de emisores por árbol en aquellas zonas de alta CEa. Una segunda estrategia sería delinear zonas de manejo según clases de NDVI, que servirían de referencia para regular el vigor de los árboles y su rendimiento a través de diferentes acciones de manejo como pueden ser la poda, la aplicación de reguladores del crecimiento o el aclareo de frutos.

4.2.2. Mapas de CEa para la sectorización óptima de los sistemas de riego

Como se ha visto en el ejemplo anterior, el diseño del riego antes de establecer una plantación, también aplicable a parcelas de cultivos extensivos, es fundamental para poder ajustar las dosis de riego según la variabilidad de las propiedades de los suelos. Así, la sectorización óptima debería basarse en el análisis previo de la variabilidad espacial de los suelos y su correcta interpretación, para lo cual los mapas de CEa son una buena herramienta para este propósito.

Por tanto, y como paso previo a la instalación de un riego, sería de suma importancia disponer previamente de la información sobre la variabilidad de los suelos para que, antes de diseñar el riego agronómico e hidráulicamente, fuese posible: i) sectorizar el sistema de riego de manera que se adaptase a la variabilidad espacial del suelo, ii) determinar el número de sensores de humedad que sería necesario instalar en la parcela (posiblemente, ligado a la sectorización) y, iii) decidir cuál sería el emplazamiento más adecuado de estos sensores de humedad para obtener datos representativos, en los que basar los momentos de riego y la recomendación de dosis.

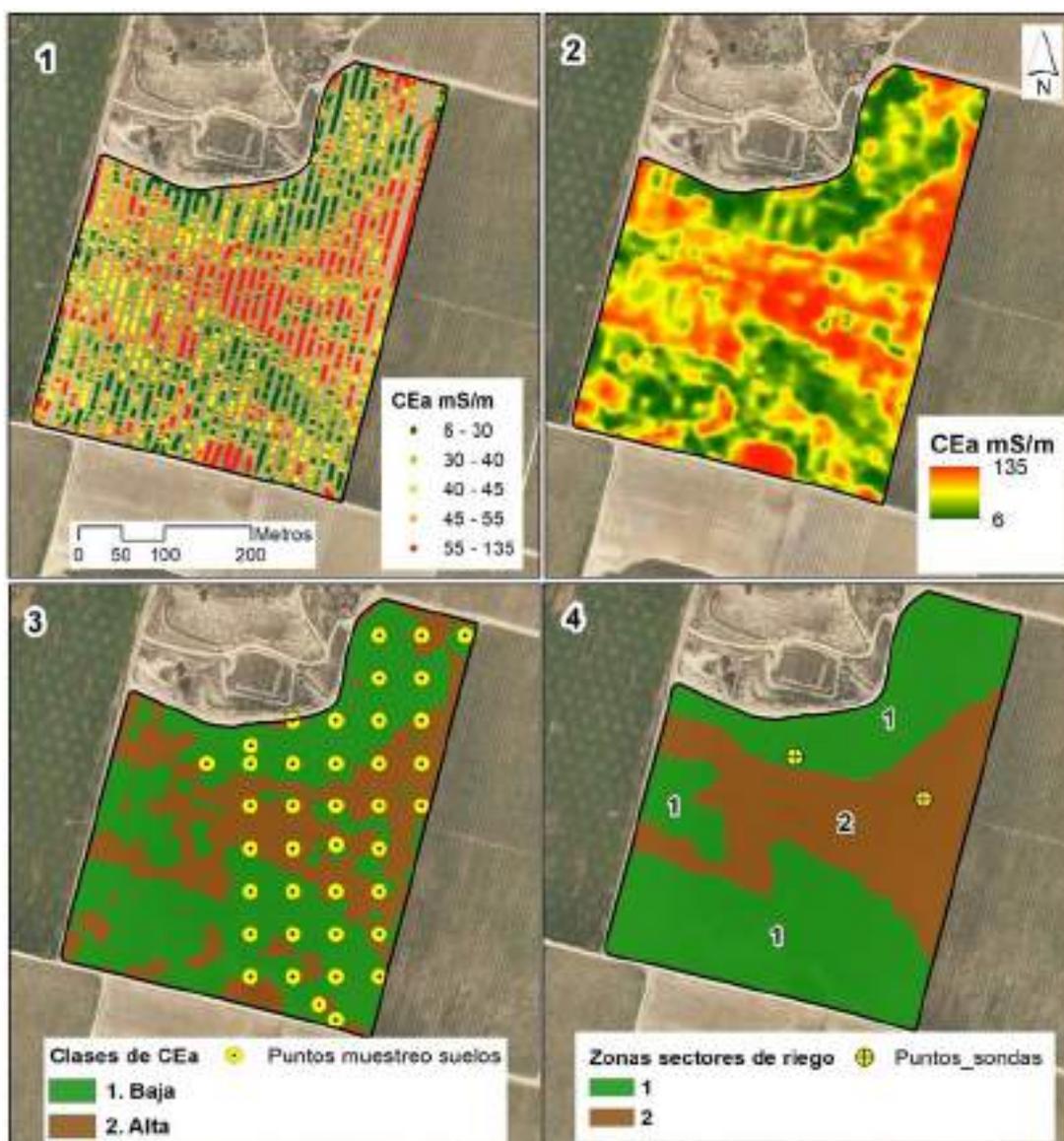
Un ejemplo de aplicación de sensores de CEa para este propósito es el desarrollado por el Grupo de Investigación en AgróTICA y Agricultura de Precisión de la Universitat de Lleida/Agrotecnio-CERCA Center en el proyecto LISA (Low Input Sustainable Agriculture, www.lisaproject.cat). En este proyecto, uno de los objetivos consistió en la propuesta de zonificación de una parcela próxima a plantarse con viña para la sectorización del riego, con el fin de que fuese posible la aplicación de dosis diferentes de agua y fertilizantes según la variabilidad de las propiedades de los suelos.

Esta investigación se llevó a cabo en Raimat (Lleida), en una parcela de 14,5 ha (Figura 11). La parcela presentaba un relieve ondulado (pendiente media del 8,1%), con un fondo de valle en el centro y mayor pendiente en las zonas norte y sur. Esta parcela había estado plantada anteriormente con viña de la variedad Tempranillo, con riego localizado. La heterogeneidad del vigor, rendimiento de las cepas y calidad de la uva del cultivo anterior llevó a pensar en la sectorización del riego adaptada a la variabilidad del suelo, con el fin de tratar de homogeneizar tanto el desarrollo del cultivo como la calidad de la uva en la nueva plantación.

La Figura 11.1 muestra el resultado de la cartografía de la CEa profunda (0-90 cm) mediante el sensor Veris 3100, donde con pasadas cada 15 m se consiguió una densidad de 435 puntos/ha. A partir de estos puntos, y mediante interpolación geoestadística, se creó el mapa de distribución continua de la CEa que se muestra en la Figura 11.2. En ella se aprecia como los valores más bajos se concentraban en las zonas norte y sur de la parcela, que es donde se daban las pendientes más elevadas y donde coincidía una menor profundidad de suelo. Los valores más altos se dieron en la parte central, que correspondía con el fondo de valle, es decir, con la zona donde se acumulaban las partículas más finas y donde los suelos eran más profundos y húmedos.

El muestreo y análisis tradicional de suelos según un patrón regular, en un marco de 50 x 50 m (Figura 11.3), pusieron de manifiesto una correlación significativa entre la CEa y el pH, la CE 1:5, la capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD) y la capacidad de intercambio catiónico. Analizadas conjuntamente, estas propiedades del suelo explicaban el 90% de la variabilidad de la CEa. No obstante, como el interés se centraba en zonificar la parcela

para poder diseñar los sectores de riego de forma eficiente, se llevó a cabo un análisis de conglomerados (análisis clúster) utilizando el programa Management Zone Analyst (MZA, Fridgen *et al.*, 2004). El resultado para dos clases (clústeres) fue el que se muestra en la Figura 11.3. En este caso, la clasificación (Figura 11.3) y la posterior zonificación realizada (Figura 11.4) corroboraron la relación de la CEa con la capacidad de retención de humedad y el contenido de arcilla. Ambas propiedades fueron significativamente mayores en la zona 2 de la Figura 11.4 (24,3 % de humedad a -33 kPa y 26,7 % de arcilla), en comparación con la zona 1 (21,7 % de humedad a -33 kPa y 21,1 % de arcilla).



La relación entre la CEa y las propiedades que determinan la capacidad de retención de agua del suelo, como es el contenido de arcilla, indicaron que las zonas de CEa establecidas podían servir de apoyo para la delineación de los sectores de riego (Figura 11.4). La localización de los puntos donde colocar las sondas de humedad (o puntos de seguimiento para el control del riego) es algo más difícil de objetivar. Normalmente, la localización de estos puntos de control suele decidirla el propio técnico de la finca en base a su experiencia e intuición. Sin embargo, aprovechando las 39 muestras de suelo que se habían llevado a cabo, fue posible optimizar el emplazamiento de las sondas de humedad aplicando un muestreo intencionado (*purposive sampling*, en su denominación inglesa) (Webster y Lark, 2013).

De forma resumida, el muestreo intencionado busca elegir aquellos puntos dentro de la parcela, en este caso dentro de cada zona de riego, que mejor representen las características del suelo de cada zona en cuestión. Siendo el contenido de arcilla significativamente distinto entre las zonas 1 y 2 (Figura 11.4), se trataba de elegir aquellos puntos cuyo contenido de arcilla se alejase lo menos posible de los valores que se obtendrían de esta misma propiedad una vez medida en las otras localizaciones dentro de la clase o zona respectiva. Según la teoría estadística del muestreo, un punto de estas características es aquél que consigue minimizar el error cuadrático medio de predicción (ECM). Habiéndose obtenido distintas muestras de suelo para las clases 1 y 2 dentro de la parcela (Figura 11.3), la localización (punto) dentro de cada zona de riego que cumplía la condición anterior era la que presentaba un contenido de arcilla con menor 'sesgo', es decir, con menor desviación respecto a la media de las muestras de la clase respectiva. Es cierto que este método, al requerir del muestreo de suelos previo en distintos puntos, añade un coste en tiempo y económico a todo el proceso, pero evita en cierto modo el sesgo asociado a la elección de estos puntos de control si se tuviese en cuenta únicamente el criterio subjetivo del observador.

4.3. Cartografía quasi 3D de la CEa

Si bien, como se ha visto, se han hecho grandes avances en la adquisición de datos en continuo de algunas propiedades de los suelos como la CEa y su posterior relación con otras propiedades de los suelos de interés, queda pendiente la caracterización de las propiedades de los suelos en 3D (Zhang *et al.*, 2017). Una posibilidad que se ha explorado por diferentes investigadores es la combinación de datos de CEa y un modelo de inversión de la señal. Con esta técnica, se pueden generar modelos bidimensionales de la CEa a intervalos de profundidad discretos, que simulan horizontes del suelo (Triantafilis *et al.*, 2013), es decir, una modelización quasi 3D. Un ejemplo de la aplicación de este tipo de modelización es el trabajo de Uribeetxebarria *et al.* (2018a) en la parcela frutícola localizada en Gimenells (Lleida) y ya mostrada en la Figura 5.

En esta parcela se pretendía cartografiar la variabilidad espacial de las propiedades del suelo tanto espacialmente como en profundidad. Para ello, a partir de los datos de la CEa adquiridos por el sensor Veris 3100, se utilizó el programa para la modelización inversa de la señal (*invVERIS 1.1*, EMTOMO Lda., Monteiro Santos *et al.*, 2010). A partir de esta técnica, se obtuvo la CEa en estratos horizontales de 10 cm de espesor y cada 10 cm en profundidad, hasta los 90 cm máximos de la señal del sensor Veris 3100 (Figura 12 y Figura 13).

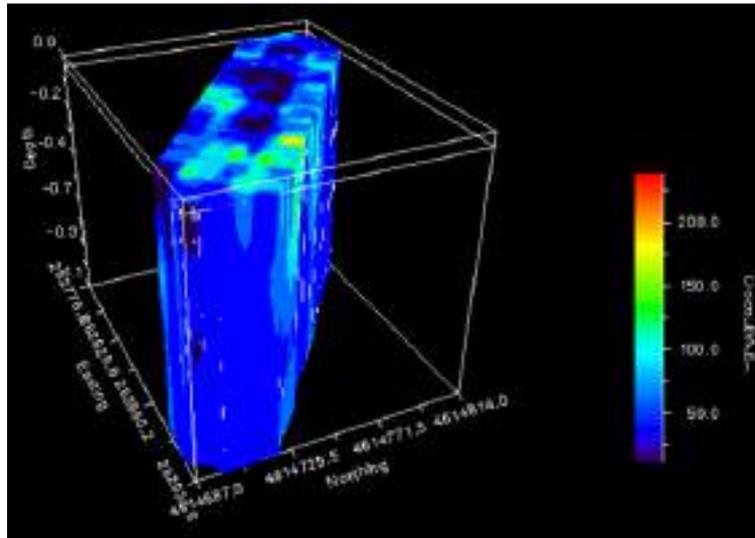


Figura 12. Modelo quasi 3D de la CEa del suelo interpolado cada 10 cm en profundidad con el programa invVERIS 1.1 (EMTOMO Lda.). La CEa de cada capa de 10 cm de espesor de suelo se muestra en la Figura 13. Fuente: elaboración propia a partir del programa InvVERIS 1.1.

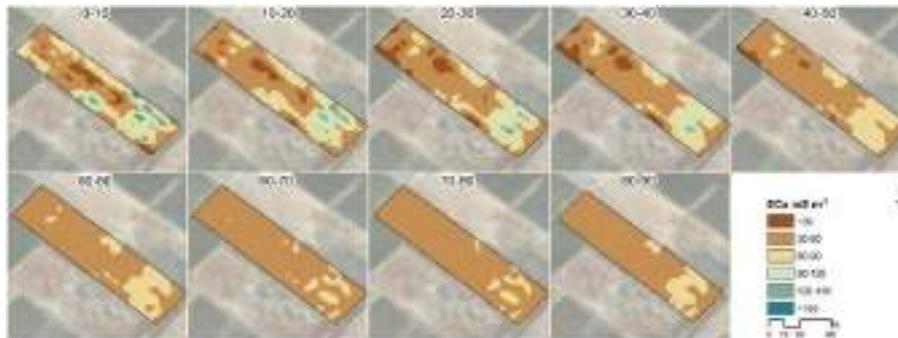


Figura 13. Capas de CEa del suelo en espesores de 10 cm estimados en profundidad mediante el programa de inversión de señal invVERIS 1.1 (EMTOMO Lda.). Los números en cada figura indican la profundidad de las capas de CEa en cm. Fuente: Uribeetxebarria et al. (2018a)

A partir de aquí, mediante un análisis de concordancia entre capas de CEa se sugirieron cuatro posibles patrones de variación espacial en profundidad: de 0-10 cm, de 10-20 cm, de 20-50 cm y de 50-90 cm; que podían evidenciar diferentes tipos de horizontes. Sin embargo, la interpretación de la CEa es compleja, y se recurrió a un análisis multivariante de la varianza para poner de manifiesto algunas relaciones entre la CEa y las propiedades de los suelos que, por otro tipo de análisis, no se manifestaban. De esta forma, Uribeetxebarria et al. (2018) concluyeron que la interpretación de los mapas de CEa con el objetivo de aplicarlos en recomendaciones de manejo diferenciado en Agricultura de Precisión debería basarse en análisis más complejos, pero más potentes al tener en cuenta simultáneamente distintas propiedades del suelo, y así poder inferir con mayor garantía cómo varía el suelo espacialmente dentro de las parcelas y también a lo largo del perfil.

5. Conclusiones

Los sensores de conductividad eléctrica aparente del suelo (CEa), asociados a sistemas de geolocalización, son, hoy por hoy, la técnica que permite tener una mejor aproximación al

conocimiento de la variabilidad de las propiedades del suelo a escala de parcela. Constituye, por tanto, una tecnología de gran utilidad en aplicaciones de Agricultura de Precisión, ya que mediante este tipo de sensores se puede obtener una cartografía rápida y continua de esta propiedad que, posteriormente, puede correlacionarse con propiedades del suelo determinantes para el desarrollo de los cultivos. No obstante, aunque la CEa pueda servir como "proxy" de propiedades como la textura, la capacidad de retención de humedad, la capacidad de intercambio catiónico, etc., es importante remarcar que su correcta interpretación debe basarse en el muestreo y el análisis tradicional de suelos. Además, también es conveniente tener conocimientos edafológicos sobre los procesos y factores formadores que determinan la génesis de los suelos, que pueden servir de ayuda para explicar los datos analíticos; y también conocimientos agronómicos para la toma de decisiones adecuada.

La salinidad puede enmascarar la relación entre la CEa y las propiedades de los suelos como la textura o la capacidad de retención de humedad, por ejemplo. Por tanto, un mapa de CEa no puede convertirse directamente en un mapa de texturas, como habitualmente ha sido referido para este tipo de cartografía. Las relaciones e interacciones entre las propiedades físico-químicas de los suelos pueden ser muy complejas, lo que se ha puesto de manifiesto en algunos de los ejemplos mostrados en este capítulo.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la financiación obtenida en los proyectos de investigación AgVANCE (AGL2013-48297-C2-2-R, Ministerio de Economía, Industria y Competitividad), LISA-Low Input Sustainable Agriculture (COMRD16-1-0031, Fondo Europeo de Desarrollo Regional de la Unión Europea), PAgFRUIT (RTI2018-094222-B-I00, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades), ayuda 2017 SGR 646 (Secretaria d'Universitats i Recerca del Departament d'Empresa i Coneixement de la Generalitat de Catalunya) y el contrato de investigación con la empresa Ventafarinas, S.L., que han hecho posible llevar a cabo la investigación cuyos ejemplos se han mostrado en este artículo. También a los miembros del Grupo de Investigación en AgróTICa y Agricultura de Precisión de la Universitat de Lleida/Agrotecnio-CERCA Center (www.grap.udl.cat) que han participado en estos proyectos

Bibliografía

- Corwin, D.L., Lesch, S.M. (2003). Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. *Agronomy Journal*, 95: 455–471.
- Corwin, D.L., Lesch, S.M. (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46: 11–43.
- Dabas M. (2008). Fundamentals of the ARP© system. Comparison with the EM approach Application to large scale arch. sites. En: S. Campana, S. Piro (Eds.), *Seeing the Unseen. Geophysics and Landscape Archaeology* (pp. 105-129). 1st ed. Taylor & Francis; London, UK.

- Fridgen, J.J., Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Drummond, S.T., Wiebold, W.J., Fraisse, C.W. (2004). Management Zone Analyst (MZA). *Agronomy Journal*, 96: 100-108.
- Gebbers, R., Luck, E., & Heil, K. (2007). Depth sounding with the EM38-detection of soil layering by inversion of apparent electrical conductivity measurements. En J.V. Stafford (Ed.), *Precision Agriculture' 07, Proceedings of the 6th European Conference on Precision Agriculture* (pp. 95–102). Wageningen, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers.
- Gebbers, R., Lück, E., Dabas, M., Domsch, H. (2009). Comparison of instruments for geoelectrical soil mapping at the field scale. *Near Surface Geophysics*, 2009: 179-190
- Jenny, H. (1941). *Factors of Soil Formation, A System of Quantitative Pedology*. McGraw-Hill, New York.
- Käthner, J., Zude-Sasse, M. (2015). Interaction of 3D soil electrical conductivity and generative growth in *Prunus domestica* L. *European Journal of Horticultural Science*, 80: 231–239.
- Kühn, J., Brenning, A., Wehrhan, M., Koszinski, S., Sommer, M. (2009). Interpretation of electrical conductivity patterns by soil properties and geological maps for precision agriculture. *Precision Agriculture*, 10: 490–507.
- Lund, E.D., Colin, P.E., Christy, D., Drummond, P.E. (1999). Applying soil electrical conductivity to precision agriculture. En: *Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture* (pp. 1089–1100), St. Paul, MN, July 19–22, 1998. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.
- Martinez, G., Vanderlinden, K., Ordóñez, R., Muriel, J.L. (2009). Can apparent electrical conductivity improve the spatial characterization of soil organic carbon? *Vadose Zone Journal*, 8: 586–593.
- Martínez-Casasnovas, J.A., Carrillo, G., Riba, A. (2017). Millora de la cartografia de sòls de Catalunya per aplicacions en agricultura de precisió mitjançant teledetecció. Documento científico-técnico relativo al proyecto Life Futur Agrari Life ENV/ES/000647. Universitat de Lleida, Lleida, 27 pp. No publicado.
- Monteiro Santos, F.A., Triantafilis, J., Taylor, R., Holladay, S., Bruzgulis, K.E. (2010). Inversion of conductivity profiles from EM using full solution and a 1-D laterally constrained algorithm. *Journal of Engineering and Environmental Geophysics*, 15: 163-174.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Poch, R.M. (2008). *Introducción a la Edafología: uso y protección del suelo*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Rhoades, J.D., Chanduvi, F., Lesch, S. (1999b). *Soil salinity assessment: methods and interpretation of electrical conductivity measurements*. FAO Irrigation and Drainage Paper #57. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italia.
- Santos, F.A., Triantafilis, J., Bruzgulis, K.E., Roe, J.A. E. (2010). Inversion of Multiconfiguration Electromagnetic (DUALEM-421) Profiling Data Using a One-Dimensional Laterally Constrained Algorithm. *Vadose Zone Journal*, 9: 117–125.

2. Tecnología de producción

- Scull, P., Franklin, J., Chadwick, O.A., McArthur, D. (2003). Predictive soil mapping: a review. *Progress in Physical Geography*, 27: 171 – 197.
- Sudduth, K.A., Kitchen, N.R., Bollero, G.A., Bullock, D.G., Wiebold, W.J. (2003). Comparison of electromagnetic induction and direct sensing of soil electrical conductivity. *Agronomy Journal*, 95: 472–482.
- Sudduth, K.A., Kitchen, N.R., Wiebold, W.J., Batchelor, W.D., Bollero, G.A., Bullock, D.G., Clay, D.E., Palm, H.L., Pierce, F.J., Schuler, R.T., Thelen, K.D. (2005). Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46: 263–283.
- Triantafyllis, J., Terhune IV, C.H., Monteiro Santos, F.A. (2013). An inversion approach to generate electromagnetic conductivity images from signal data. *Environmental Modelling & Software*, 43: 88-95.
- Uribeetxebarria, A., Arnó, J., Escolà, A., Martínez-Casasnovas, J.A. (2018a). Apparent electrical conductivity and multivariate analysis of soil properties to assess soil constraints in orchards affected by previous parcelling. *Geoderma*, 319:185–193.
- Uribeetxebarria, A., Daniele, E., Escolà, A., Arnó, J., Martínez-Casasnovas, J.A. (2018b). Spatial variability in orchards after land transformation: Consequences for precision agriculture practices. *Science of the Total Environment*, 635: 343–352.
- Webster, R., Lark, M. (2013). *Field sampling for environmental science and management*. Routledge, 192 pp.
- Zhang, G.L, Liu, F., Song, X.D. (2017). Recent progress and future prospect of digital soil mapping: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16: 2871-2885.

III. CULTIVOS

3.1. El tomate “Cherry”: Cooperativa “La Palma” 50 años de cooperación y compromiso

José Antonio Haro

jaharo@granadalapalma.com

Granada La Palma S.Coop.

Índice

1. 1973 – 1982. Grupo Sindical de Colonización (número 15.371)
2. 1983-1991. SAT La Palma N.º 1.566
3. 1992-2009. Cooperativa Carchuna La Palma
4. 2009-2022. Cooperativa Granada La Palma
5. 2023 - ... 50 años. Salud, sabor, sostenibilidad y digitalización

Resumen

El próximo 13 de marzo de 2023 “La Palma” cumplirá sus bodas de oro con el campo, 50 años marcados por la búsqueda de la excelencia, siempre trabajando desde el aprovechamiento respetuoso de los magníficos recursos naturales de la tierra que la vio nacer (Granada), la formación constante de las personas que le dan razón de ser, la cultura del esfuerzo y la innovación como bandera.

A lo largo del presente artículo realizaremos un breve recorrido por la historia de la cooperativa, así como por sus productos, finalizando por un análisis de la situación actual en la que se encuentra la cooperativa, así como sus retos de futuro.

1. 1973 – 1982. Grupo Sindical de Colonización (número 15.371)

El Llano de Carchuna

Los orígenes de la cooperativa se remontan al año 1973, en el Llano de Carchuna: un rincón del litoral de la provincia andaluza de Granada, y más concretamente al 13 de marzo de dicho año, donde un grupo de agricultores fundaron el Grupo Sindical de Colonización número 15.371.

En los años 50 del pasado siglo el Llano de Carchuna no era otra cosa que un erial semidesértico, poblado por vegetación salvaje y palmas, con algunas minúsculas explotaciones agrícolas en régimen de aparcería (Figura 1). La propiedad de esta Llano pertenecía al conde Agrela, permaneciendo en esta situación hasta que la política hidráulica de la administración franquista

3. Cultivos

decidió expropiar forzosamente la tierra, a la que le siguió la ejecución de su puesta en regadío allá por el año 1969 y su reparto, siguiendo el modelo denominado como de colonización.



Figura 1. Llano de Carchuna antes del modelo de colonización

Unos inicios complicados

Los nuevos colonos de extracción social humilde y procedentes de los pueblos de la Alpujarra Baja, La Contraviesa y la propia comarca costera, se asentaron en el Llano con la concesión de una vivienda y una parcela de terreno de cultivo. Es en este marco social y colectivo en el que nació el antecedente empresarial de “La Palma”, con la idea colectiva de ganar la batalla productiva del día a día, aunando colectivamente esfuerzos.

En el inicio la actividad comercial fue de mera imitación a las ya existentes en la zona, estos es el modelo de subasta conocido localmente como corridas o alhóndigas. Este modelo comercial consistía en la exposición de los productos no normalizados ni seleccionados y ofrecerlos en una subasta por lo general a la baja, a los compradores o agentes comerciales que acudían a la misma.

Esta apuesta inicial por la subasta como modelo de comercialización no obtuvo los resultados esperados, produciéndose la división del grupo inicial de productores, algunos abandonan el proyecto seducido por la feroz competencia ejercida por las citadas alhóndigas persistentes en la zona.

2. 1983-1991. SAT La Palma N.º 1.566

Refundación y nuevo camino empresarial

En 1982, tras la elección de un nuevo Consejo Rector, sólo trece agricultores perseveran en el proyecto arriesgando todo su patrimonio para garantizar la continuidad de una empresa acuciada por su situación de deudas.

Esta nueva dirección, aún en la modestia de su formación empresarial, apuesta decididamente por el desarrollo constante de la capacidad de sus asociados, su formación y la de sus hijos para garantizar un futuro que de estabilidad al proyecto empresarial.

Paralelamente, el modelo de empresa por el que opta el colectivo refundado llegará hasta nuestros días: comercialización directa especialmente dirigida a la exportación e innovación de producto y técnicas de cultivo.

Sin pertenecer España aún a la Comunidad Económica Europea, "La Palma" accede a los mercados europeos principalmente a través de productos como el pepino holandés, judías y especialidades de melón (Figura 2). Este acceso consigue un salto en la rentabilidad de las explotaciones agrarias de los asociados que, a su vez, va a permitir el ensanchamiento de la base productiva de sus asociados, junto con la llegada de nuevos socios.

Por otro lado, el compromiso por la innovación dará también sus frutos con el descubrimiento productivo-comercial del tomate cherry.



Figura 2. Uno de los primeros cultivos de invernadero en el llano de Carchuna

El producto estrella "El cherry"

La introducción del cherry en el año 1987, tras tres años de pruebas en busca de la variedad óptima comercial significó un cambio sustancial en la empresa. El tomate cherry hasta entonces un producto de poco consumo, principalmente vinculado al exotismo o al consumo de las élites, pasó a ser un producto de consumo habitual en los lineales de la mayoría de los supermercados europeos.

La próxima década la consolidación y crecimiento del proyecto empresarial va ineludiblemente unida al crecimiento comercial y de consumo de este producto, crecimiento que también ha de entenderse como desarrollo tecnológico, formación de capital humano, sin olvidar nunca la innovación.

3. 1992-2009. Cooperativa Carchuna La Palma

Cooperativismo como modelo empresarial

En la asamblea de socios del 7 de diciembre de 1991 por unanimidad se decide la transformación de la SAT en Cooperativa Agraria Andaluza. Al frente del Consejo Rector de la cooperativa

3. Cultivos

constituida se sitúa Don Miguel del Pino Palomares que permanecerá en el cargo hasta el año 2006.



Figura 3. Invernadero en el llano de Carchuna

Con una visión para la época, pionera y revolucionaria de la agricultura, este presidente marcará la impronta de la calidad del producto, la profesionalidad de agricultores y trabajadores, la innovación tecnológica y varietal, y la apertura del modelo cooperativo a otras zonas de producción de Granada (Miguel consideraba Granada como un pequeño continente) (Figura 4).



Figura 4. Diferentes zonas de cultivo

La inclusión de socios procedentes de otras zonas de cultivo de la provincia como Arenas del rey y Zújar, este aspecto supuso un hito muy importante para la cooperativa, y es que le permitió la producción de sus productos durante todo el año, permitiendo una continuidad en su relación con las distintas cadenas de distribución y clientes que habían apostado por “La Palma”.

Bajo su dirección se consolida la estrategia de internacionalización de la cooperativa con presencia de sus productos en los principales países europeos (Suiza, Alemania, Reino Unido, Suecia, Noruega...).

Paralelamente la cooperativa acometió las inversiones necesarias de automatización y renovación tecnológica para atender el crecimiento continuo de la producción y de su cartera de clientes.



Figura 5. Miguel Del Pino en las nuevas instalaciones de Carchuna La Palma en el año 2000

Fusiones, crecimiento y diversificación

Entre los años 2002 y 2007 se consolida un crecimiento interanual superior al 7%, derivado tanto del crecimiento endógeno, así como de la estrategia de colaboración y posterior fusión con otras sociedades cooperativas de la costa granadina: Agroabuxarra de Albuñol (2002) y el Azud de Vélez de Benaudalla (2004).

Todo este crecimiento produjo nuevas necesidades de instalaciones para acometer la confección y envasado del porfolio de productos de la cooperativa que desembocó en el arrendamiento y posterior adquisición de la nave hortofrutícola ubicada en Puntalón (Motril) en el año 2005, nave industrial que se dotó con la última tecnología para la confección y envasado del pepino holandés, como la inversión en sistema de robotizado y paletizado, así como el disponer de un calibrador único en el mercado con visión artificial permite disponer de uno de los mejores centros dedicados a la confección del pepino (Figura 6).

Nuevo Consejo Rector

En enero de 2006, en "La Palma" se produjeron elecciones al Consejo Rector, la novedad era muy importante; Miguel del Pino el único presidente que había tenido la cooperativa se jubilaba. En aquel momento surgieron dos opciones de las que finalmente la candidatura formada por: Pedro Ruiz, Manuel Blanque, Juan Martín, Manuel Moral y José Antonio Fernández, resultó ser la más votada.

Uno de los primeros hitos del Consejo Rector nombrado en 2006 (y todavía presente en la actualidad) fue el reconocimiento como Organización de Productores de Frutas y Hortalizas, con

3. Cultivos

fecha de resolución 16 de octubre de 2006. Este reconocimiento fue vital para el futuro de la cooperativa ya permitirá durante los siguientes años la mejora y modernización paulatina tanto de las propias instalaciones de la Cooperativa como de las explotaciones de sus socios, a través de un fomento constante de la innovación en la Cooperativa.

A modo de ejemplo, las mejoras en las instalaciones realizadas durante los primeros años de existencia como OPFH, corresponden a las siguientes: instalación de cabezales de riego, ventanas cenitales, hidro sulfatación; así como elementos relacionados con la sostenibilidad y la mejora del medio ambiente como la utilización de colmenas de abejorros, plásticos de desinfección, utilización de abonos y fitosanitarios ecológicos, retirada de residuos...



Figura 6. Robotización del centro de manipulado de pepino holandés en Puntalón



Figura 7. Primeras inversiones realizadas a través de la OPFH

4. 2009-2022. Cooperativa Granada La Palma

Nueva denominación social

El 26 de febrero de 2009, tiene lugar la asamblea general de socios, por la cual se aprueba el cambio de denominación de la cooperativa, que en adelante será conocida a nivel nacional e internacional como "Granada La Palma". El origen de este cambio tiene su raíz en la consolidación del proyecto durante la etapa anterior, dónde se integraron agricultores y cooperativas de gran parte de la provincia.

El cambio supone realzar la imagen de la empresa, ubicarla en el mapa y dar a conocer a los consumidores la procedencia generalizada de los productos que adquieren. Y evidentemente, Granada ya tiene un nombre mundialmente reconocido, que supondrá un salto importante en el escenario internacional para competir sin dificultad.

Ampliación y crecimiento

"La Palma" siempre se ha caracterizado por la investigación, desarrollo e innovación de nuevos cultivos, nuevos formatos y mercados. Durante la finalización de la anterior etapa, y ya con el nuevo Consejo Rector con Pedro Ruiz a la cabeza, se detecta la necesidad de que para seguir con el crecimiento que la cooperativa ha tenido hasta ese momento, se requiere de espacio e instalaciones suficientes que permitan procesar cada uno de los kilos que producían en aquel momento los más de 500 agricultores que formaban la cooperativa, por lo que durante el ejercicio 2010 se comienzan la ampliación de las instalaciones de Carchuna (Figura 8).



Figura 8. Ampliación del centro de Carchuna

La ampliación se ejecutó en un período de 18 meses, y permitió sumar a los 14.800 metros existentes, otros 17.850 más entre sótanos, planta baja y planta superior. Esta ampliación de las instalaciones conllevó igualmente una apuesta por la digitalización, a través de la implantación de un nuevo ERP junto con un sistema de trazabilidad integral que permitiese conocer a sus clientes y consumidores la historia del producto desde que sale del campo, hasta que llega a los supermercados; con este sistema se consigue más control y garantías de calidad y se crea una mayor seguridad para el consumidor.

Consolidación y reconocimiento a la innovación

Los últimos años han supuesto para la cooperativa un afianzamiento de su trayectoria y rumbo empresarial, con dos grandes reconocimientos al buen qué hacer empresarial, como son el premio a la mejor cooperativa del año durante el año 2021, y el “Innovation Award” en Fruit Logística del presente año 2022 por el proyecto “Amela” (Figuras 9 y 10).

El premio a la mejor cooperativa del año 2021 supuso un reconocimiento importante para la cooperativa, sobre todo en lo relativo a su actuación frente al Covid’19, con la finalidad de garantizar la seguridad de sus agricultores y trabajadores, así como el abastecimiento de alimentos frescos a toda la población.

El jurado ensalzó el mérito del innovador plan de actuación implementado por la cooperativa para su actuación frente al Covid’19, con la finalidad de garantizar la seguridad de sus agricultores y trabajadores, y el abastecimiento de alimentos frescos a toda la población.

Debido a la gran competitividad existente en el sector, y el aumento progresivo de los costes de producción (mano de obra, fertilizantes, costes energéticos...), “La Palma” ha desarrollado durante los últimos años de esta etapa diferentes alternativas a su producto estrella (el cherry), apostando por productos diferenciales y con un claro valor añadido, proyectos de producción como el tomate Adora, o el recién galardonado tomate Amela, continúan posicionando a la cooperativa como referente en la producción de frutas y hortalizas con un sabor y calidad únicos.

El proyecto Amela es un ejemplo de cooperación y desarrollo tecnológico entre dos culturas totalmente diferentes, la japonesa y la española, que gracias a esta colaboración han conseguido producir en tierras granadinas uno de los mejores tomates del mundo.

El sabor excepcional de este tomate no proviene exclusivamente de la genética de la variedad producida, sino que su factor diferencial procede de manera clara e inequívoca del know-how y tecnologías implementadas en el sistema de producción, conjugando distintas técnicas de control medioambiental e hídrico.



Figura 9. El Consejo Rector recogiendo el premio a la mejor cooperativa del año 2021



Figura 10. El Presidente, Pedro Ruiz y el equipo de Sunfarmers recogiendo el galardón “Innovation Award” en Fruit Logistica 2022

5. 2023 - ... 50 años. Salud, sabor, sostenibilidad y digitalización

La Palma hoy

Hoy en día “La Palma” cuenta con 854 hectáreas de cultivo bajo plástico y 200 hectáreas de cultivo de subtropicales, con un total de 710 socios agricultores profesionales que producen 73 millones de Kg y una facturación de 147 millones de facturación.

“La Palma” está formada por agricultores profesionales formados y altamente capacitados considerados como expertos en sabor, innovación y excelencia. Se encuentran totalmente comprometidos con la mejora de la alimentación y la sostenibilidad del planeta; encontrándose en una innovación y digitalización constantes que les permiten continuar con la actividad profesional que han elegido, la agricultura.

“La Palma” está igualmente integrada por trabajadores expertos en diferentes disciplinas, caracterizados por personas íntegras, emprendedoras e innovadoras, con un compromiso marcado por la agricultura y por su comarca.

Otro de los aspectos que ha marcado la historia de “La Palma” y su presente, es la zona en la que se encuentra ubicada, la provincia de Granada dónde dispone de una serie de elementos que mejoran la competitividad de la empresa, tales como el excelente recurso natural del agua de Sierra Nevada, el clima mediterráneo y clima subtropical, así como la energía solar, ya que Granada dispone de 3.228 horas de luz al año; luz que alimenta nuestra agricultura.

La innovación y el desarrollo tecnológico son constantes en la cooperativa, que dispone actualmente de dos centros de almacenamiento y envasado, totalmente robotizados y versátiles

3. Cultivos

que les permiten una adaptación total a las necesidades del cliente. Como centro de referencia se encuentra el centro de Carchuna, dónde se envasa la mayor parte del producto producido por sus agricultores.

Estos centros de envasado disponen de un sistema total y automatizado de trazabilidad, lo que permite que la trazabilidad del producto se encuentre 100% garantizada desde la producción hasta el consumidor final.

Si nos centramos en la parte de innovación “La Palma” cuenta con dos centros de investigación, en el que se testean anualmente 500 variedades, producidas en 3 hectáreas de fincas experimentales enfocadas en el desarrollo de nuevos productos, basados en el sabor, la salud y la sostenibilidad.

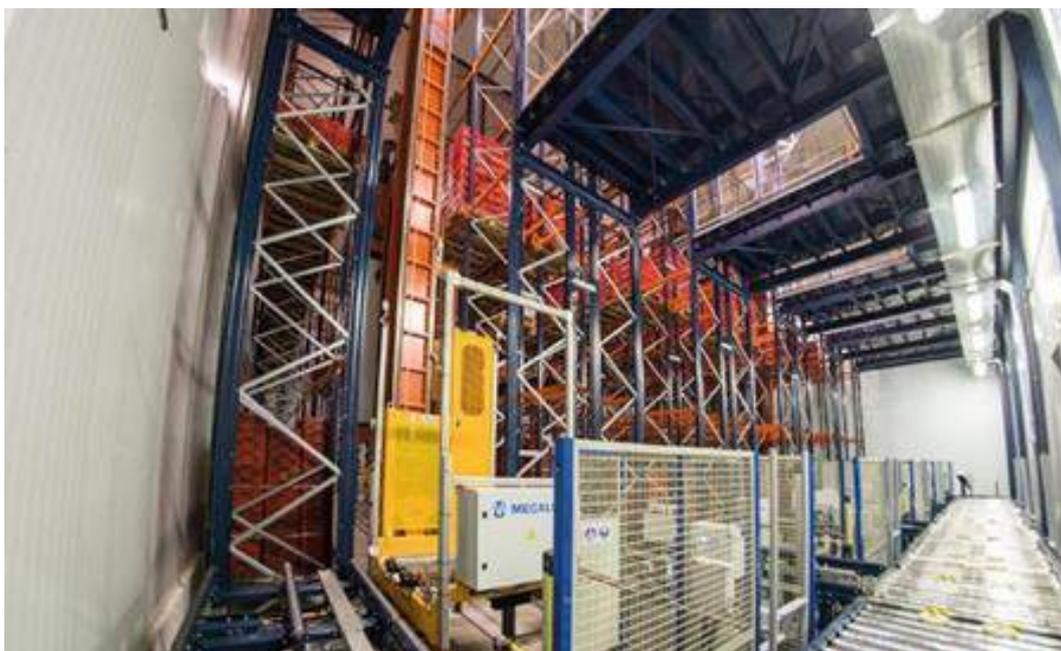


Figura 11. Mecalux en el centro de envasado de Carchuna

Todo el proceso de innovación y de producción está apoyado con un laboratorio propio, en el cual se realizan, aproximadamente 25.800 análisis al año, y se realizan los siguientes tipos de análisis:

- Microbiológico y fitopatológico. El objetivo de estos análisis es el control de las distintas enfermedades que pueden afectar a nuestros cultivos. De estos tipos de análisis se realizan en torno a 1.500 análisis.
- Físico-químico y organoléptico. Se realizan alrededor de 13.300 análisis y nos permiten controlar los patrones nutricionales del suelo, las plantas y las aguas.
- Seguridad alimentaria. Permiten detectar todos los productos químicos de protección de cultivos y contaminantes cubiertos, se realizan 11.000 análisis al año.

Estrategia de futuro

La estrategia de “La Palma” en el entorno en el que nos encontramos marcado por la incertidumbre geopolítica marcada por la guerra de Ucrania, el aumento de costes debido a una inflación galopante, así como todos los retos en sostenibilidad; se base en cuatro pilares

fundamentales que tienen muy en cuenta los 50 años de historia, y todos los hitos conseguidos hasta este momento por “La Palma”: sostenibilidad, salud, sabor y digitalización.

Sostenibilidad

“La Palma” está volcada con la sostenibilidad del planeta aliada con un consumidor consciente y comprometido. Desde la producción de sus agricultores hasta la propia actividad interna de la cooperativa se están desarrollando acciones que permitan mejorar distintos indicadores que permitan una mejora continua en sus procesos.

- Residuo cero:

Alineados con las políticas europeas y nacionales, relacionadas con la disminución del uso de fertilizantes químicos, “La Palma” apuesta por el control integrado y la vegetación auxiliar para reducir el uso de estos compuestos. Igualmente dispone de acuerdos con distintas empresas que están focalizadas en el uso de componentes biológicos para el tratamiento de cultivos.

- Reciclaje y economía circular:

“La Palma” dispone de un programa de recogida de plásticos y otros desechos producidos tanto por sus agricultores como por la propia cooperativa. Esta recogida de residuos se realiza con el fin de realizar un reciclaje de estos y que tengan un uso posterior a través de la economía circular. Para ello la cooperativa ha llegado a distintos acuerdos que permitan ese control y tratamiento de dichos residuos.

- Uso de energía no contaminante.

A través del uso e instalación de fuentes de energía renovables, cuya instalación acaba de finalizar en uno de los principales centros de la cooperativa, y que se está iniciando el resto de ellos, “La Palma” tiene el objetivo de que toda su producción provenga de fuentes de energía renovables. Para ello se está fomentando igualmente la instalación de dichas fuentes de energías renovables en las explotaciones de sus agricultores.



Figura 12. Agricultor de la cooperativa con su instalación fotovoltaica

3. Cultivos

- Reducción de huella hídrica.

Otro de los aspectos fundamentales dentro del ámbito de la sostenibilidad y dónde la cooperativa está realizando un mayor esfuerzo de concienciación e innovación, es en la reducción del uso de agua en las explotaciones. Para ello se ha apostado por la digitalización de las producciones, así como por la formación de los agricultores, que permita un uso consciente y razonable del agua en la producción.

Salud

Muy unida a la sostenibilidad se encuentra la salud, no podemos olvidarnos de lo afortunados que somos como productores de frutas y hortalizas, ya que, como tales producimos y vendemos productos naturales y saludables llenos de vitaminas, antioxidantes, minerales y aminoácidos.

Dentro de este ámbito de la salud “La Palma” se encuentra en un momento de desarrollo de conocimiento que le permita conocer con la mayor profundidad posible los distintos elementos nutricionales que forman sus productos frescos. Para ello se han llegado a una serie de acuerdos con distintas entidades de carácter científico que permitan conocer en profundidad aspectos concretos como los compuestos volátiles que poseen sus productos.

También nos centramos en garantizar la inocuidad de los productos que producimos, para ello resulta fundamental la reciente certificación por ENAC del laboratorio propio, así como el continuo desarrollo de este en nuevas técnicas de análisis e investigación.

Sabor

Seguimos alineados con la historia de la cooperativa apostando por productos de valor añadido y de sabor diferencial, dentro de una amplia diversificación de producto que permita la continuidad de las explotaciones de nuestros agricultores gracias a una producción con valor añadido.



Figura 13. Portafolio actual de los productos de “La Palma”

Desde la introducción del tomate cherry en sus inicios “La Palma” está volcada en la introducción en su portafolio de productos con un alto valor añadido que permitan una rentabilidad alta a las fincas de sus socios productores.

No obstante, una de las estrategias a futuro de "La Palma" es el desarrollo de productos elaborados con base vegetal, para ello contamos con un espacio de desarrollo e innovación gastronómico, dónde experimentar con nuestros productos y aportar valor al consumidor. El objetivo de esta innovación es poner en valor nuestros productos, creando productos de base vegana potenciando así estilos de vida saludables.

Digitalización

Una de las columnas fundamentales sobre las que se ha apoyado "La Palma" a lo largo de su historia es la innovación tecnológica constantes, tanto en las explotaciones de sus agricultores como en las propias instalaciones de la cooperativa. Y como no podía ser de otra manera es uno de los aspectos estratégicos fundamentales de cara a futuro; seguir implementando tecnología para más productividad, control e innovación.

Dentro de todos los proyectos de digitalización en los que se encuentra inmersos "La Palma" queremos destacar en este artículo la integración de distintos sistemas de análisis y gestión de información, que están ayudando en la toma de decisiones a los agricultores en aspectos tan relevantes como la gestión del riego o del clima de sus explotaciones.

Este desarrollo tecnológico en la monitorización del cultivo, a través de la instalación de sensores de medición de temperatura, humedad, conductividad eléctrica ... está permitiendo una producción más eficiente y consciente de las fincas de los agricultores, ayudando a la cooperativa a cumplir con su plan estratégico de sostenibilidad.



Figura 14. Porfolio actual de productos elaborados de "La Palma"

Toda la instalación de sensores se complementa con la integración de estos con la APP de desarrollo propio de "La Palma", está APP integrada igualmente con el ERP de desarrollo propio, permite una interacción perfecta entre todos los sistemas, facilitando la usabilidad al agricultor, que al utilizar esta APP integrada en un único sistema el acceso a todos los servicios que le proporciona la cooperativa.



Figura 15. Interacción de los distintos sistemas de información de “La Palma”

KEKKILÄ
PROFESSIONAL



KEKKILÄ PROFESSIONAL PARA FRUTOS ROJOS

La gama de sustratos de Kekkila Professional se ha ampliado con productos de alta calidad diseñados especialmente para frutos rojos. Estos óptimos medios de cultivo para la para la propagación y la producción de planta joven harán que cultive plantas de la mejor calidad y obtenga elevadas cosechas.

FÁCIL DE USAR

Nuestros sustratos ofrecen seguridad a largo plazo, por su estabilidad estructural y química. Desarrollados para ser fáciles de usar y de regar.

MÁS CONTROL

Todos estos sustratos tienen una elevada retención de agua, reduciendo la necesidad de riegos excesivos y facilitando el manejo del agua y nutrientes.

**PÓNGASE EN CONTACTO
CON SU DISTRIBUIDOR**

Para adquirir sus sustratos



PRUEBE NUESTRA GREEN LINE PARA UN MEJOR Y MÁS RÁPIDO ENRAIZAMIENTO

CRECIMIENTO MÁS VIGOROSO

Los sustratos de esta gama ofrecen a los sistemas radiculares el mejor entorno, permitiendo un enraizamiento más rápido y un crecimiento más vigoroso.

Plantas más sanas y fuertes son más resistentes y permiten obtener mayores cosechas de gran calidad al principio de la temporada.

LA OPCIÓN SOSTENIBLE

Nuestra gama de productos Green Line es la opción más sostenible para el cultivo de fresas, arándanos y frambuesas.

Estas aireadas mezclas de alta calidad están compuestas por materias primas renovables de alta calidad y permiten producir plantas resistentes y frutos de gran sabor de manera eficiente.

¿TIENE CURIOSIDAD POR SABER LO QUE PIENSAN OTROS?

Escanee el código QR que aparece a continuación para conocer la opinión del productor Thwan van Gennip sobre el uso de esta gama de productos.



3.2. El desarrollo del cultivo de la fresa en Huelva

Rocío Medina Muñoz

medina@medinagroup.es

Medina Group

Índice

1. El origen de la fresa en España
 - 1.1. Antecedentes
 - 1.2. La llegada del cultivo de la fresa a Huelva
2. Desarrollo de la fresa en Huelva
 - 2.1. El pionero de la fresa en Huelva: Antonio Medina Lama
 - 2.2. El cultivo y su expansión: motor del desarrollo social-económico de la provincia
3. Evolución de la exportación, cooperativismo

Resumen

En este capítulo nos sumergiremos en los inicios, desarrollo y expansión del cultivo de la fresa en Huelva, en el que Antonio Medina Lama jugó un papel fundamental, apostando por la profesionalización y mejora técnica del cultivo, implantando nuevas técnicas provenientes de otros países siempre en pro de la mejora e innovación. Toda esta evolución trajo un importante desarrollo social-económico de la provincia y la aparición de un sector viverístico y de Asociaciones y Cooperativas de agricultores que juegan hoy un papel muy importante en el mercado y comercialización de la fresa. Hoy en día la fresa de Huelva es reconocida como un producto de calidad y de gran valor en los distintos mercados, lo que nos marca con un sello distintivo.

1. El origen de la fresa en España.

1.1. Antecedentes.

Las referencias existentes del cultivo de la fresa que conocemos en nuestro país se remontan al S.XVI en los que se reconoce la existencia y consumo de fresa silvestre. La aristocracia española fue en gran medida responsable de la aparición de este cultivo en nuestro país. Esto se debió a su estrecho vínculo con la aristocracia francesa y a la llegada de la Casa de Borbón al trono de España, gracias a lo cual se comenzarían a implantar, en el Real Sitio de Aranjuez los primeros

3. Cultivos

jardines de fresa, a semejanza de lo que tiempo atrás ya se hacía en el Palacio de Versalles. Estas plantaciones ajardinadas y sus frutos pasarían a ser conocidas como “las fresas de Aranjuez”.

Fue de ahí desde donde el cultivo se extendió a otras regiones de España: Barcelona, La Coruña, Tarragona, Valencia, Cádiz, Teruel y Huelva.

El cultivo de la fresa en Aranjuez ha quedado relegado a un hecho puramente testimonial e histórico, siendo en 2007 la superficie cultivada de unas 1,5 hectáreas en la que se engloban muchos pequeños productores.

1.2. La llegada del cultivo de la fresa a Huelva.

Los orígenes de la fresa en Huelva se centran en los términos de Moguer, Palos de la Frontera y Lucena del Puerto, desde donde posteriormente se expandirían a otras zonas de la provincia.

Se conoce que la primera fresa en Huelva apareció como consecuencia de la costumbre de los antiguos viajeros de traer a casa semillas o plantas desconocidas. Se cree que la primera planta de fresa fue traída por un viajero que conoció las plantas de fresa en Aranjuez, lo que daría lugar a las primeras plantaciones para autoconsumo en la provincia de Huelva.

Las plantas de fresa por aquel entonces se cultivaban en condiciones de secano en zonas húmedas y se plantaban sobre caballones precariamente contruidos. La reproducción de la planta para nuevas plantaciones de los siguientes años se realizaba mediante el corte y trasplante de estolones de la parcela anterior a la nueva. Esta práctica con el tiempo derivó en la aparición de problemas viróticos en las plantas. Las densidades de plantación rondaban los 30.000-40.000 plantas/ha y obtenían unos rendimientos muy pobres que rondaban los 2-3 t/ha.

Estas pequeñas producciones se destinaban para autoconsumo, venta local o venta en el mercado de Madrid en los casos en los que había un aumento de demanda o falta de suministro de “fresas de Aranjuez”.

2. Desarrollo de la fresa en Huelva.

2.1. El pionero de la fresa en Huelva: Antonio Medina Lama.

Al final de la década de los 50 y principios de la década de los 60 fue cuando tuvo lugar la verdadera expansión y consolidación del cultivo de la fresa en Huelva, siendo el principal artífice de todo este desarrollo Antonio Medina Lama.

Antonio Medina, abogado sevillano, nació en Pilas en 1923, y sin contacto alguno con la agricultura. Estudio en Cabra y posteriormente se Licenció en Derecho en la Universidad de Sevilla. Comenzó a desarrollar su actividad como letrado y a raíz de llevar los asuntos de los colonos de la Casa de Alba se especializó en Derecho Agrario.

Esta relación con los temas agrarios, unido a una personalidad inquieta y fuertemente innovadora hicieron crecer cada vez más su interés por el sector agrícola. Fue en 1958 cuando tras dejar la abogacía comenzó sus primeras andaduras empresariales, iniciando la explotación de una mina de tuba (“Turba Humer”) ubicada en el término municipal de Moguer, en el paraje conocido como “Las Madres del Avitor”.

Su ilusión y empeño estaban enfocados en la convicción de la posibilidad de transformar una agricultura de subsistencia en una agricultura moderna, innovadora y empresarial y en el hecho de la creencia en que España debía convertirse en la huerta de Europa y seguir como ejemplo el modelo de éxito agrícola californiano (Antonio Medina Lama (1965). *España, La California de Europa*. ABC nº19.173, Edición Andalucía pg. 27 y 28.) (Figura 1).



Mejores técnicas de la sofisticación o acompañar a un grupo de Norteamericanos, expertos en horticultura, más procedentes de California, han enseñado a los de la Península y las Islas Canarias, estudiando la posibilidad de establecer en nuestras tierras cultivos especializados de frutas y de hortalizas de invernadero, con destino a los mercados europeos (incluía a las grandes centros consumidores del noroeste de los Estados Unidos y Canadá).

Debía de ser pero los españoles un motivo de satisfacción y estímulo el hecho de que las técnicas agrícolas y empresariales agrícolas extranjeras, que cada día en mayor número se visitan, proclaman con rara unanimidad las condiciones óptimas de nuestro país para convertirse en un futuro inmediato en el "verdadero huerto que fundamentalmente abastece de frutas y hortalizas de primavera a la zona y próximo Europa.

No hace mucho, un gran economista alemán y mejor amigo de España, el profesor Baade, declaró en estas mismas páginas que España está llamada a ser la California de Europa. Presentando a aquellas naciones californianas se, según es esta valoración del profesor Baade, y se sólo mostraron su conformidad, asegurando agrónomicamente nuestras zonas y clima con los de aquel Estado del Oeste americano, sino que incluso destacaron, en más favorable condiciones geográficas de nuestro país, en relación a su proximidad a las zonas consumidoras de Europa, comparativamente a las zonas de California que dependen de los mercados americanos.

Lista es que seamos los propios españoles los que no tenemos fe en el futuro de nuestra agricultura. Esta falta de fe se evidencia de los contrastes entre Berlín y serochinas que nunca cualquier opinión optimista de nuestro presente agrícola, o que aun más compañía y desarrollan ante el hecho, crees a Dios cada día más frecuente, de negocios nacionales e internacionales que no tienen base fuerte (agrícola) agrícola y que, reemplazado con una agricultura rutinaria, indican una agricultura empresarial con nuevas técnicas. En falta de fe y de confianza en nuestros posibilidades agrícolas, que se aprueban en todas las realidades de nuestra agricultura, ha motivado el problema fundamental y más grave que actualmente tiene plantado la agricultura española: el campo. En esta misma falta de confianza ha creído que ha de ser el origen del más pasado resultado: "España es una de las pocas países en el mundo donde la producción alimentaria durante los

últimos treinta años ha disminuido" (Revista Científica Americano, vol. 200). España, una nación predominantemente agrícola, se ve obligada, para alimentar a su población y mantener los ganados, a la importación masiva de alimentos.

La agricultura de California es el ejemplo que debemos imitar. Tenemos en cuenta que hasta bien entrada el presente siglo la agricultura de California era esencialmente casera y predominantemente local. La lentitud de los transportes y el escaso desarrollo de las técnicas frigoríficas le impedían acudir con sus productos hortícolas a los grandes núcleos industriales del noroeste del país, apartados por miles de kilómetros. Fue el desarrollo de los transportes, y particularmente del transporte frigorífico, el hecho que abrió para California el fértilísimo mercado de las regiones frías del noroeste americano, y aquel gran Estado comenzó a transformarse en agricultura, adaptándose principalmente a la producción de frutas y hortalizas de invernadero que este gran mercado le demandaba. De esta forma, California, con una agricultura nacional y fértil, se sitúa en posesión en el primer lugar en la producción hortícola de los Estados Unidos. Fue tal el desarrollo alcanzado que sólo en veinte años, comprendidos entre 1929 y 1948, logró cuadruplicar la producción de frutas y hortalizas; en los años posteriores ha alcanzado un nuevo incremento, superior al anterior por ciento. A este extraordinario desarrollo contribuyó fundamentalmente el alto nivel de vida del pueblo americano, con su creciente demanda de frutas y hortalizas de calidad.

Los próximos años han de disponer a la agricultura española una serie de oportunidades y circunstancias económicas análogas a las que determinaron la transformación y formidable desarrollo de la agricultura californiana. En efecto:

La unidad económica europea es un hecho ineludible. Será tarea de las legaciones provinciales que España se mantenga por mucho tiempo excluida de dicha unidad. La entrada integración de España en esta unidad económica dependerá la progresiva eliminación de todas las restricciones económicas y demás medidas limitativas de la importación. Este hecho facilitará la expansión de nuestro mercado exterior de frutas y productos hortícolas.

Al hecho anteriormente indicado se suma el del comercio previsto en el consumo de frutas y productos hortícolas en la Europa fría. Como evidencian los datos que constantemente se recopilan, formados en su mayoría de datos

de publicaciones del mencionado profesor Baade, los incrementos a prever para los próximos años son extraordinarios.

El principal mercado consumidor de los Estados Unidos, al núcleo de máxima concentración industrial y densidad de población, está localizado en el noroeste de dicho país y abarca una extensión de un círculo con un radio de unos 300 kilómetros de radio. Dentro de este círculo, que se traza en el gráfico adjunto, se encuadra una población de diez millones de habitantes, en un círculo de igual radio, localizado en la Europa del Centro y Norte, como también se indica en el referido gráfico. Véase una población de diez millones de habitantes de actividad fundamentalmente industrial.

Los diez millones de consumidores del núcleo europeo tienen actualmente un consumo de unas diez millones de toneladas de frutas y hortalizas, que en su mayoría proceden de California. En cambio, las diez millones de consumidores que viven en el núcleo europeo sólo reciben de los países productores del hemisferio sur unos tres millones de toneladas de dichos productos. Según datos estadísticos correspondientes a la década del 50, el consumo per cápita de frutas y hortalizas procedentes del hemisferio sur fue de 17 kilos en la Gran Bretaña y sólo 8 kilos en la Europa Central y del Norte. Comparados estos cifras con el consumo "per cápita" en la zona cordada de Estados Unidos, que es superior a los 85 kilos.

De continuar la prosperidad de Europa el ritmo actual, los dieciséis millones de consumidores del núcleo europeo alcanzarán en pocos años un poder de compra equivalente al que actualmente goza los diez millones de consumidores de USA. Lo que habra de producir un paralelo acrecentamiento en el consumo "per cápita" de frutas y productos hortícolas de primavera.

En esta favorable situación de consumo previsto, España, por su vocación agrícola, por su clima y por su proximidad a la zona de consumo, entre otros factores, debe sentir como primer país abastecedor.

Se argumentará tipo California, para alcanzar el lugar que ocupa ha ocupado con su célebre Universidad, el centro del investigación agronómica más eficiente del mundo que ha producido una intensa capitalización de su agricultura; que la cultura con un empoderamiento agrícola técnicamente avanzado y que desde un primer momento ha beneficiado de unos sucesos sucesiones perfectamente organizadas. Todo ello es cierto, pero todo ello debemos profundizar para España y por demás, alcanzar, para de ella salir, siempre

A. B. C. N.º 11.711. SÁBADO 13 DE FEBRERO DE 1965. EDICIÓN DE ANDALUCÍA. PÁGINA 24.

**EL HOMBRE QUE LEVANTO
UNA COLUMNA DE AMOR
PARA APUNTALAR A UNA
SOCIEDAD QUE SE HUNDIA
BAJO EL PESO DE LA
OSTENTACION Y DE LA
MISERIA**



MEL FERRER
EL SEÑOR DE LASALLE
LUIS CESAR AMADORI

**LUNES DIA 15, A LAS OCHO
TARDE, ESTRENO EXTRA-
ORDINARIO, CON
ASISTENCIA DE
S. E. RVDMA. EL SR.
CARDENAL Y
AUTORIDADES**

FLORIDA

AUTORIZADA PARA TODOS
LOS PUBLICOS

(Localidades a la venta)

... nos hagamos plena confianza y fe en esta nueva agricultura. No se olvida que la fe mueve las montañas.

Nadie podía pensar en el año 1954 que aquella España salada, injustamente servada y agobiada ante tantas adversidades recibiría diez años más tarde 18.000.000 de turistas, los que nos habrían de producir un ingreso en divisas superior a los 60.000 millones de pesetas. También por aquellos años, cuando alguien hablaba de nuestro porvenir turístico, siempre se le objetaba lo mismo: el mal estado de nuestras carreteras, nuestros atrasados ferrocarriles, la carencia de una red hoteleña moderna, falta de personal especializado, etc. Ma bastado una eficaz gestión pública, la inyección de un grupo de empresarios y, sobre todo, una confianza en nosotros por venir turística, cambió en el improvisado, en el hombre de empresa y en el productor, para convertir en realidad aquello que diez años antes hubiera parecido una disparatada utopía.

Inudablemente, este espectacular desarrollo de nuestro turismo ha tenido como fundamento una serie de coyunturas económicas favorables: la apertura del nivel de vida de Europa, barrera de cambios, cercanía, proximidad geográfica y la desaparición de todas las restricciones en el movimiento de las personas entre las naciones. Estas coyunturas favorables, que han actuado como impulsores de nuestro turismo, son análogas en circunstancias e intensidad a las que habrán de desarrollarse en los años próximos para nuestra agricultura: la libre circulación de productos, aumento del nivel de vida en Europa, proximidad geográfica a los centros distribuidores y mercados europeos de producción agrícola. Este mismo turismo es otro factor favorable a nuestro comercio exterior. Nuestras sabrosas frutas y hortalizas serán una extensión a Europa, una representación constante del luminoso sol de España para los que visitaran nuestra Patria.

California comenzó su desarrollo en el campo de la hortofruticultura con la producción de frutas de invierno a las conservas, fruta forma que tenían para salvar la lejanía de las zonas consumidoras. En California se hicieron y tienen actualmente su sede las más importantes compañías conserveras del mundo. Dos de estas firmas, precisamente las que se discuten la primacía mundial en dicha actividad conservera, proyectan establecerse en España, más concretamente en Sevilla. Una de estas compañías es la "Libby's", que comercializa 300 productos, tiene 30 fábricas distribuidas por todo el mundo y su cifra de negocio es de 18.000 millones de pesetas. La otra firma es "Del Monte", que precisamente en estos días decide sobre su establecimiento en nuestra zona. Dichas instalaciones se mantendrán con vista a la exportación de sus productos, principalmente al Mercado Común.

Esperamos de la eficacia e interés de nuestras autoridades económicas la más íntima gestión y apoyo a estos proyectos, que, de convertirse en realidad, contribuirían a la base fundamental para el desarrollo de la hortofruticultura de nuestra región. Con dichos establecimientos lograríamos un enorme incremento en la producción de frutas y hortalizas y se alcanzaría una seguridad en el mercado de dichos productos, hoy tan inestable.

En la hipótesis, nos vemos, de que ambas firmas decidieran establecerse en nuestra región, con instalaciones de producción globales privilegiadas a las que directamente han resultado en otros países de Europa, resultaría que Sevilla podría conseguir una producción en conservas de frutas de semejante fuerza a la total de España en el año 1962.

Por último, no nos resistimos a hacer referencia a otro gran proyecto, actualmente en periodo de gestación. Una importante empresa Hispano-francesa gestiona la creación de una sociedad anónima en la que se agrupan las más importantes firmas importadoras de frutas y hortalizas de Europa. El fin de dicha sociedad sería instalar un gran centro en Sevilla de compra, embalaje, prerrefrigeración, incluso congelación, de frutas y hortalizas. Dicho centro, bien previa consulta con los agricultores, bien directamente, adquiriría las frutas y hortalizas de las ciudades y alrededores de interés en el mercado y, una vez seleccionadas y envasadas, serían distribuidas entre los propios socios importadores para su venta en el extranjero. m. Antonio MEDINA LAMA.

Terlenha
La fórmula europea del vestir



Terlenha!

Ter. que?

Ud. ya conoce estos tres peces. Pronto su marca será Terlenha



Figura 1. Artículo publicado en ABC en 1965, autor Antonio Medina Lama

Su desconocimiento respecto a la agricultura lo animó a enriquecerse leyendo artículos y publicaciones de reconocidos y prestigiosos investigadores en materia agrícola, lo que le ayudó a conocer nuevas técnicas y prácticas innovadoras que posteriormente implantaría.

Las primeras experiencias en el cultivo de la fresa tuvieron lugar en la finca “Las Madres”, donde se planteó experimentar con variedades europeas de fresa, procedentes del Instituto Max Planck de la República Federal Alemana. Aunque esta primera experiencia fracasó, su perseverancia y convicción le llevaron a instalar una parcela experimental junto con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), entonces dirigida por el Dr. D. Wimberg, ingeniero agrónomo alemán que trabajaba en la Estación Experimental Económico-Agrario “La Mayora”. En este proyecto se contó con una colección de 72 variedades de fresa procedentes de diferentes estados norteamericanos, concretamente Texas, Florida y California. La implantación de técnicas de cultivo californianas junto con otras innovaciones europeas dio lugar a un éxito rotundo en la adaptación de las variedades de origen californiano al suelo y clima onubense. Este éxito sería el comienzo de un futuro prometedor para el cultivo de la fresa en Huelva (Figura 2).



Figura 2. Antonio Medina Lama. Primeras plantaciones de fresa en Palos de la Frontera

2.2. El cultivo y su expansión: motor del desarrollo social-económico de la provincia.

La llegada de las variedades californianas a Huelva, propiciaron el rápido desarrollo de la fresa en la provincia: “Shasta”, “Lassen”, “Fresno”, “Torrey” o “Tioga” fueron algunas de las variedades con mayor éxito por aquel entonces, también responsables de la revolución de la fresa en California.

Antonio Medina se caracterizó por su fuerte vocación innovadora, por lo que junto con esta revolución varietal tuvo lugar una revolución tecnológica, a través de la que se comenzaron a implantar nuevas técnicas de cultivo más eficientes y que podrían aportar mayores rendimientos: el uso del film de polietileno para el acolchado y los tunelillos de protección, mejoras en los sistemas de riego por aspersión y posteriormente por goteo, abonado y fertirrigación, recolección, post-cosecha y cultivo en caballones (Figuras 3 - 6). Todas estas mejoras iban encaminadas a optimizar el cultivo, pasando de ser un cultivo de secano plurianual a ser un cultivo de regadío anual, con su necesaria desinfección de suelo y dualidad de plantación, de otoño con planta fresca y de verano con planta frigo conservada.



Figura 3. Primeros sistemas de riego por aspersión



Figura 4. Primeros tunelillos en plantaciones de fresa



Figura 5. Primeros plásticos en las plantaciones de fresa



Figura 6. Desarrollo de pirámides para plantaciones de fresa

Toda esta innovación provocó la necesidad de crear un sector viverístico que fuera capaz de suministrar un material vegetal de garantía que diera un producto de calidad. A raíz de esta necesidad Antonio Medina comenzaría la actividad viverística en España. El primer vivero de fresa se instala en la década de los 60 en la Sierra Norte de Sevilla, concretamente en Constantina; posteriormente se desplaza más al norte hacia la provincia de Badajoz hasta que finalmente, ya en los años 70, se traslada el vivero a Garray (Soria), por su altitud (a más de 1.000m sobre el nivel del mar) y de ahí a otras localidades de Zamora, Valladolid y Burgos. Fruto de esta actividad nacería la empresa Viveros California, S.L, perteneciente al Grupo Medina, y que es hoy uno de los mayores viveros a nivel europeo de planta de fresa y frambuesa, con una contrastada experiencia y garantía en el sector y cuya planta está presente en más de 70 países en todo el mundo.

En pocos años, la superficie cultivada de fresa en Huelva paso de 2 ha según el Anuario de Producciones Agrícolas en 1957 a 300 ha en 1965 y 900 ha en 1970, según datos oficiales (Figura 1). De estas, el 80% se ubicaban en la zona de Moguer y alrededores. Con el paso de los años el cultivo se fue extendiendo de su foco inicial a otras zonas de la provincia, como Lepe y Cartaya. Este desarrollo exponencial del cultivo supuso a su vez un desarrollo socio-económico muy importante de toda la provincia.

3. Cultivos



Figura 7. Jornada de cosecha en las plantaciones de fresa

Fue en los años 80 cuando se definieron los tres principales núcleos de producción de fresa de la provincia de Huelva: el término de Almonte, los términos de Moguer, Palos de la Frontera y Lucena del Puerto (núcleo inicial del cultivo) y los términos de Cartaya, Lepe e Isla Cristina.

Actualmente Huelva cuenta con una superficie aproximada de 6.500 ha de producción lo que se traduce en unas 350.000 t de fresa de forma anual (Figura 8). Esta producción se dedica en mayor parte a la exportación, siendo Alemania el principal país de destino absorbiendo en la campaña 2019/2020 un 34% de la producción (Fuente: Observatorio de precios y mercados. Junta de Andalucía. Sector frutos rojos).



Fuente: U. Medina, comunicación personal

Figura 8. Evolución de la superficie de la fresa en Huelva (miles de hectáreas)

3. Evolución de la exportación, cooperativismo

La expansión de la superficie de cultivo de la fresa en Huelva causó, a pesar de la rentabilidad del cultivo, que se empezara a hablar de la necesidad de asociación entre agricultores en cooperativas para defender mejor los precios en el mercado.

El origen del cooperativismo tuvo lugar de manera espontánea. Aparecieron grupos de agricultores que comenzaron a realizar tareas de manera colectiva sin vinculación, como completar camiones para el envío de fruta a mercado, compra en común de la planta de fresa a los viveros y reparto de las liquidaciones recibidas. Estas actividades darían lugar a la posterior formalización de las cooperativas, como la Sociedad Cooperativa Limitada Costa de Huelva en Palos de la Frontera, la Sociedad Cooperativa Nuestra Señora de la Bella de Lepe o Freshuelva, de la que Antonio Medina Lama sería socio fundador.

Hasta 1966 la comercialización de la fresa se llevaba a cabo en el mercado nacional, en su mayoría en el mercado de Madrid y posteriormente Barcelona. En aquel entonces los medios eran limitados pues no existían transportes frigoríficos que permitieran envíos con tránsitos largos, por lo que se debían cosechar las fresas muy temprano y cargarlas en el camión al medio día para descargarlas esa madrugada.

Fue en la campaña 1966-1967 cuando tuvo lugar la primera exportación a Europa por avión, en concreto al mercado de París, de fresas provenientes de la finca “Las Madres”, abriendo este hecho camino al espectacular desarrollo que en años posteriores tendría la exportación de este cultivo (Figuras 9 – 11).



Figura 9. Primeras exportaciones aéreas de fresa en los años 60



Figura 10. Campaña publicitaria en Inglaterra en los años 80.



Figura 11. En el centro Antonio Medina Lama. Campaña publicitaria en Inglaterra en los años 80.

Bibliografía

Medina Lama, A. (1965). España, La California de Europa. ABC nº19.173, Edición Andalucía pg. 27 y 28.

Medina-Mínguez, J.J. (2008). Origen del cultivo: un pionero. En: La fresa de Huelva. Ed. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.

Murciano González, A. (2005). Siglo XX líderes editorial, S.L, Sevilla. Líderes Andaluces S.XX.

3.3. Cultivo de la alcachofa

Carlos Baixauli Soria

carlosbaixauli@fundacioncajamar.com

Centro de Experiencias de Cajamar

Índice

1. Introducción
2. Características botánicas
3. Necesidades generales del cultivo y su adaptabilidad al medio
4. Propiedades nutritivas y compuestos bioactivos
5. Importancia del cultivo y su mercado
6. Aspectos generales del cultivo
7. Principales métodos de multiplicación y mejora del cultivo de alcachofa con la reproducción por semilla
 - 7.1. Multiplicación por esquejes
 - 7.2. Multiplicación por hijuelos
 - 7.3. Zueca o parte de planta
 - 7.4. Óvulo
 - 7.5. Cultivo de meristemos
 - 7.6. Otras variantes en la multiplicación, la prebrotación de estacas
 - 7.7. Cultivo de la alcachofa multiplicada por semilla
8. Variedades de alcachofa
9. Principales plagas y enfermedades
10. Conclusiones y algunas reflexiones sobre este cultivo

Resumen

El origen y los principales países productores y consumidores de alcachofa son los del área mediterránea. Hasta los años 90 del siglo pasado los principales productores venían siendo Italia, Francia y España. Italia continúa siendo el principal productor y consumidor de esta hortaliza, destacando la cultura varietal y el cuidado de los italianos por lo que conocemos por producto local, dado que prácticamente cada comarca goza de una variedad local, con una gran diversidad de formas y tonalidades verde rojizas. En cambio, Francia ha reducido notablemente su producción, dando paso a otros países como Egipto, Perú, China o Argelia.

En el caso de España la producción se ha reducido a la mitad, pero todavía se encuentra en tercer lugar, después de Egipto. Hasta hace pocos años se ha dependido casi exclusivamente del cultivo del cv *Blanca de Tudela* que se reproduce vegetativamente, pero que acarrea unos problemas

fisiológicos, patológicos y económicos, que en parte se pueden soslayar con diferentes soluciones propuestas en este documento, aunque una de las soluciones de futuro para este cultivo, es el de la multiplicación por semilla, pero que requiere de una tecnología de producción, para mejorar la precocidad, y en la que con la elección de las variedades adecuadas, fechas de plantación y tratamientos con ácido giberélico adecuados, permite mejorar los rendimientos y desestacionalizar la producción con el objeto de conseguir una mayor rentabilidad de estas explotaciones.

Se puede apreciar también la necesidad de este producto, en aspectos relacionados con la promoción y el fomento del consumo, aprovechando sus magníficas propiedades para la salud, las enormes posibilidades gastronómicas, culturales, que son prescritas por alguna Denominación de Origen, Indicación Geográfica Protegida y por Asociaciones nacionales e internacionales.

1. Introducción

Algunos autores responsabilizan a los visigodos de la introducción en España de algunas plantas como las alcachofas (*Cynara scolymus*) aunque no parece probable ni fidedigna esta atribución. Las alcachofas son oriundas de la región mediterránea, de la que se poseen ciertos indicios de cultivo por parte de los iberos, y de las que se sabe que fueron objeto de selecciones por parte de los musulmanes españoles, así como de los italianos, en la Edad Media, de donde proceden la mayor parte de las variedades actualmente cultivadas (Maroto, 1998).

Aunque tradicionalmente se ha cultivado en países de la cuenca mediterránea, en este momento, se está expandiendo a otros países como Egipto, Perú, Argentina, Argelia y China. En Estados Unidos se mantiene la producción en el estado de California.

2. Características botánicas

La alcachofa pertenece a la familia *Compositae*, siendo una de las familias con flores más importantes. Su nombre científico es: *Cynara scolymus* L. La cabeza posee de 800 a 1.400 flores nectaríferas, que puede ser polinizadas por abejas. Tiene $2n = 2 \times 17 = 34$ cromosomas. Es una planta vivaz con rizoma subterráneo, del que parte una raíz carnosa, capaz de almacenar reservas y unos tallos cortos, con hojas en roseta. Presenta raíces gruesas, cónicas y alargadas, bastante crasas, que hace que la planta aguante bien la sequía (Miguel, 1984). El tallo erguido y grueso, acanalado longitudinalmente, se alarga y ramifica, hasta alcanzar una altura de 1,5 m, dando en sus extremos las inflorescencias en capítulos, que cuando están tiernas y cerradas constituye la parte comestible. La misma planta se puede mantener durante 2, 3 e incluso en algunos casos, hasta 4 años. Las hojas son pubescentes, con envés blanquecino y haz de color verde claro. El nervio central es muy marcado y el limbo dividido en lóbulos laterales, a veces muy profundo y menos hendida en hojas del tallo.

La inflorescencia, antes de evolucionar es, como se ha indicado, la parte comestible, formada por cabezuelas que rematan los tallos, constituido por brácteas carnosas que encierran el receptáculo carnoso, que engloba un alto número de flores. Si no se cosecha el capítulo da lugar

a flores alógamas con tonalidad azulada, de polinización cruzada, compuesta de muchas flores, las cuales son fértiles. Maduran centripetamente, es decir, progresivamente desde fuera hacia adentro. En cada una de las flores el polen germina inmediatamente, pero el estigma no es receptivo hasta pasados entre 5 a 7 días. El polen es viable durante 4 a 5 días, que fertilizará flores de la misma cabeza o de otros capítulos, transportado por insectos. La protandria y la polinización con insectos asegura una alta proporción de cruces (Ryder *et al.*, 1983).

Sus frutos son en aquenio provisto de vilano, de forma oblonga, color grisáceo, formando la semilla de la planta. Un gramo contiene entre 25 a 27 semillas, con una capacidad germinativa de 6 a 12 años.

3. Necesidades generales del cultivo y su adaptabilidad al medio

La multiplicación suele hacerse por vía vegetativa, utilizando esquejes o hijuelos (Figura 1). La mayor parte de la alcachofa cultivada en España es de reproducción vegetativa (por esquejes) siendo el cultivar (cv) de mayor importancia *Blanca de Tudela* de la que se estima un 99% de la superficie (Macua, 2003, Maroto, 2007). En el sur de Alicante y Murcia se produce también para exportación a Francia el cv de inflorescencias rojizas *Violeta de Provence*. En los últimos años se está incrementando las plantaciones cuyo sistema de multiplicación es por semilla, desplazando en parte a las plantaciones de multiplicación vegetativa. En plantas multiplicadas por semilla, el frío es el único factor inductor de la floración, aunque puede influir la edad de la planta y la duración del fotoperíodo, las necesidades se estiman en unas 250 horas con temperatura por debajo de 7 °C. (Trigo y López 1984; Maroto, 2002 y 2007). En algunos cvs se necesitan al menos 250 horas con una temperatura menor de 7 °C para que se induzca la floración, mientras que en otras se produce sin apenas haber estado las plantas sometidas a bajas temperaturas (Miguel, *et al* 2001). La inducción floral de la alcachofa se produce, en clima mediterráneo, cuando los días son cortos. Mientras algunos cvs no forman los capítulos hasta después de iniciado el invierno, los cvs tempranos se comportan como indiferentes al fotoperíodo y pueden tener una inducción floral precoz, en otoño e incluso en pleno verano (Miguel, *et al* 2001).



Figura 1. Plantación de esquejes de alcachofa

3. Cultivos

La temperatura óptima para la alcachofa es de 24 °C durante el día y 13 °C por la noche. Con más de 20 °C de media puede ralentizarse el crecimiento. El reposo vegetativo puede producirse por temperaturas demasiado bajas en invierno o muy altas en verano (Miguel *et al.*, 2001). Tolera ligeras heladas, con bajas temperaturas (5 °C) el crecimiento de la planta queda paralizado, puede sufrir heladas con -2 a -4 °C, aunque para destruir la parte subterránea e impedir su rebrote es necesario que se produzcan temperaturas por debajo de -10 °C a -15 °C (Maroto, 2002). Las altas temperaturas también producen paralización del crecimiento. La temperatura alta, dentro de ciertos límites, favorece el desarrollo de la planta y obstaculiza la diferenciación de capítulos. Su semilla germina bien con temperaturas comprendidas entre los 17 a 25 °C en condiciones de alta humedad, preferiblemente en cámara de germinación.

Se adapta mejor a suelos medios, produciendo peor en suelos arenosos. El 90% de las raíces no supera los 30 a 40 cm de profundidad, por lo que la planta no es muy exigente en suelo. Soporta mal el exceso de humedad y tolera los suelos ligeramente alcalinos. Es una planta resistente a la salinidad, aunque un exceso puede producir necrosis de las brácteas internas, debido a una mala traslocación de calcio, necrosis que pueden ser el origen de infecciones secundarias, pudiéndose verse afectado el desarrollo y el rendimiento con aguas de riego a partir de 2,7 dS/m y en suelos a partir de niveles en extracto de saturación de 4,8 dS/m. (Maroto, 2002).

La alcachofa es un cultivo altamente exigente en elementos minerales, especialmente N, P y K. Las extracciones de nutrientes por los capítulos dependen de factores tales como rendimiento, cultivar, características del clima y suelo, presentando valores que oscilan entre 220-286 kg/ha N, 44-104 kg/ha P₂O₅ y 368-743 kg/ha K₂O (Knott, 1962; Prats, 1970; Magnífico y Lattancio, 1976; Moulinier, 1980). Según Pomares (2008) para el cultivo de la alcachofa, con rendimientos comprendidos entre 9,7-21 t/ha, las extracciones son de: 105-358 kg/ha N, 25,3-94,7 kg/ha P₂O₅ y de 122-671 kg/ha K₂O.

En la Vega baja del Segura, Gamayo (1996) afirma que la cantidad de riego necesaria en el cultivo de alcachofa es muy importante y las dosis están próximas a los 7.000-10.000 m³/ha (Figura 2). Es importante dar un riego copioso inmediatamente después del trasplante y un nuevo riego a los 3 a 5 días, para asegurar las condiciones idóneas para la brotación y arraigue de las plantas. Los riegos posteriores serán aportados en función de las necesidades del cultivo y de su evapotranspiración, pudiendo oscilar entre 2 a 3,8 l/m/día en condiciones similares a las de Valencia (Pomares, 2001). Durante el mes de junio y una vez finalizado el cultivo se deja sin regar para favorecer la parada vegetativa.



Figura 2. Explotación de alcachofa con riego por aspersión en Tudela

4. Propiedades nutritivas y compuestos bioactivos

La alcachofa es una hortaliza muy apreciada porque tiene un alto contenido en vitamina C y B1, se le atribuyen propiedades preventivas contra la diabetes, es hipoglucémica debido a que es rica en un hidrato de carbono “inulina”, que la hace aconsejable para su consumo por parte de los diabéticos. Contribuye a regular las funciones hepáticas y renales. Se recomienda en regímenes dietéticos por su bajo contenido en grasas y ser rica en fibra. De ella hay que destacar que se pueden aprovechar todos sus órganos: como planta de jardinería, sus capítulos maduros como flor cortada, en infusiones a partir del polvo de sus hojas, para cremas de belleza, de las hojas se puede extraer un licor típico italiano conocido como Cynar, también como coagulante de leche utilizando el estigma de sus flores. Sus hojas se utilizan también como pencas. Deshidratadas se han utilizado como sustituto de alfalfa como alimento para animales. La cinarina está considerada como principal componente activo presente en altas concentraciones en las hojas, con efectos antifúngicos y antimicrobianos (Bianco, 2007).

La composición nutritiva de la alcachofa (por cada 100 g de producto comestible) (Según Fersini, 1976; Maroto, 2002): proteínas 2,59 g, lípidos 0, glúcidos 6,72 g, calorías 38 cal, vitamina A 270 UI, vitamina B1 180 mcg, vitamina B2 10 mcg, vitamina C 5 mcg, calcio 50 mg, fósforo 90 mg, hierro 0,5 mg.

El aceite obtenido de las semillas (20%) se considera insaturado, semi-seco, con un alto valor de saponificación, ácido y con alto contenido en ácidos poliinsaturados, puede ser utilizado para hacer jabón y champú del pelo.

5. Importancia del cultivo y su mercado

España es el 3er productor mundial de alcachofa con 199.940 t producidas en 2019. El principal productor es Italia con 378.820 t, que al mismo tiempo es el principal consumidor mundial, el segundo país en importancia ha pasado a ser Egipto con 296.899 t (Figuras 3 y 4).

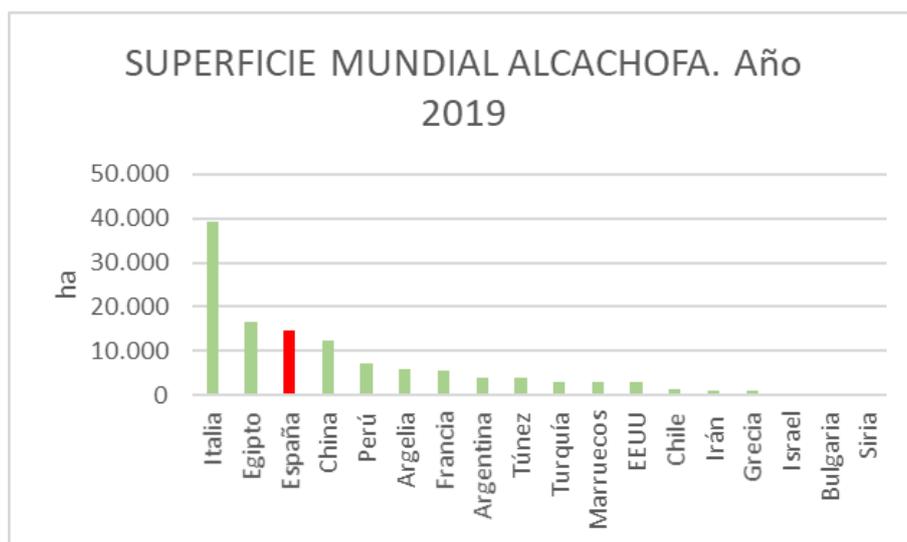


Figura 3. Superficie mundial de alcachofa por países. Fuente: FAOSTAT

3. Cultivos



Figura 4. Producción mundial de alcachofa por países. Fuente: FAOSTAT

En España la producción está ahora bastante estabilizada, en torno a las 200.000 t anuales, aunque hay que indicar que en 1990 España llegó a producir 428.000 t (Figura 5). Esa reducción se debe principalmente, a que una parte importante de la alcachofa destinada a la industria se ha deslocalizado a países como Perú.

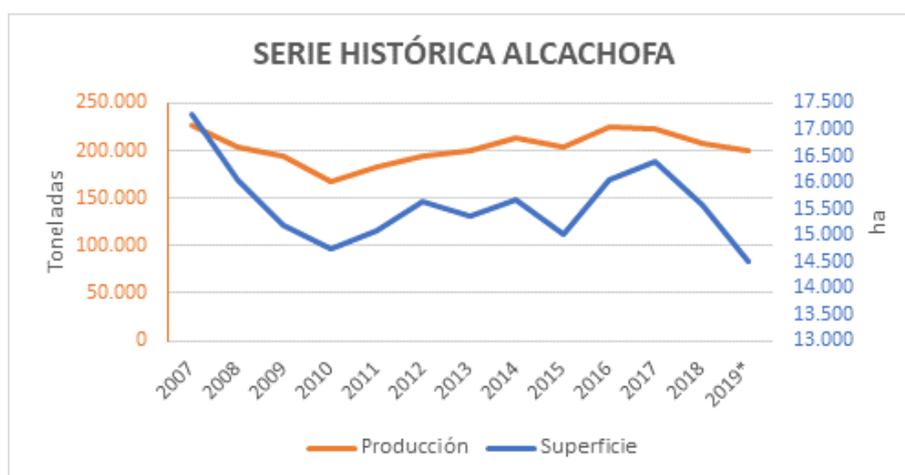


Figura 5. Evolución en España de la superficie y producción en los últimos 12 años. * Datos provisionales. Fuente: MAPAMA

España exporta 13.200 t, principalmente a Francia con 9.329 t e Italia con 1.886 t. Dichas exportaciones se han reducido significativamente en los últimos años, puesto que en 2006 se exportaron más de 20.000 t.

Como se ha indicado anteriormente, es un cultivo eminentemente mediterráneo. La producción más interesante es la que tiene lugar durante los meses de otoño e invierno, que generalmente se corresponde con el período de mejores precios. Entre las razones por las que el precio es mayor: porque el ritmo de producción es menor, durante ese periodo las zonas de producción se reducen a las de mejor temperatura, exentas de heladas y porque todavía está considerada como una hortaliza de invierno, aunque cada vez más tiende a la desestacionalización. Durante la primavera el ritmo de producción se incrementa, también aparece la producción de otras zonas de España más frías como Navarra y el hecho de que la alcachofa destinada a la industria

ha descendido, durante esas fechas los precios tienden a bajar. El precio medio oscila entre los 0,4 y 0,9 €/kg, con un valor de la producción cercano a los 150 millones de € (Figura 6). Aproximadamente un 45% se produce en la Región de Murcia, un 28% de la Comunidad Valenciana, un 12% en Andalucía, un 8% en Navarra y un 5% en Cataluña.

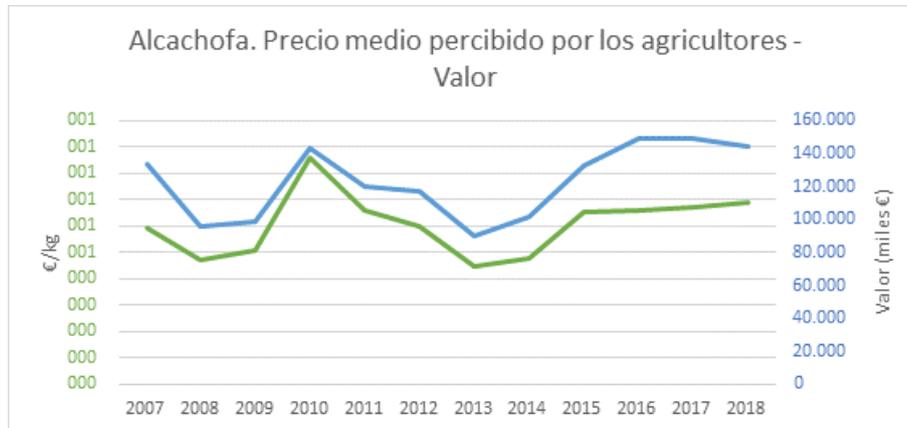


Figura 6. Precio medio percibido por los agricultores y valor de mercado en los últimos 11 años. Fuente: MAPAMA

6. Aspectos generales del cultivo

Para garantizar el éxito, juega un papel primordial la elección de la parcela, debido a la larga duración del cultivo, evitando posible contaminación por hongos fitófagos en el suelo. Si existe precedente de problemas por el hongo vascular *Verticillium daliae* o de *Rizoctonia solani*, se recomienda no plantar en la misma parcela o recurrir a una desinfección de suelo a base de biofumigación o solarización con estiércol. Son buenos precedentes, cultivos que han requerido de desinfección de suelo (Figura 7).



Figura 7. Planta afectada de *Verticillium daliae*

El período de recolección de capítulos se suele iniciar en octubre y si no se producen heladas, se mantiene casi de forma ininterrumpida hasta finales de mayo. Se conoce en el argot del sector “colmos” a los períodos de mayor recolección, entre los cuales se observa un cierto decaimiento y posterior recuperación de las plantas. En zonas más frías, como el interior de la península o el

3. Cultivos

norte de España, en donde el invierno es más frío, la recolección se interrumpe durante los meses invernales, para retomarla en primavera. Se realiza a mano con pedúnculo más o menos largo, incluso en algunos casos el pedúnculo lleva acompañada una hoja. Los operarios suelen llevar colgada de la espalda unos cestos de mimbre o cualquier otro material, en el que van introduciendo los capítulos, para vaciarlos en cajones o “palets-box” al final de la hilera (Figura 8). En Italia y Francia suelen utilizar unas plataformas con una tolva autopropulsada a una altura de unos 2 m, sobre la que los operarios van rellenando de capítulos que posteriormente vacían sobre remolques, para su transporte a la central hortofrutícola. También existen prototipos para recolección mecanizada, que se pueden utilizar en primavera, coincidiendo con la presencia de un máximo de capítulos agrupado por planta y generalmente cuando los mismos se destinan a la industria.



Figura 8. Recolección manual utilizando cestos

Para el mercado en fresco los capítulos se recolectan con un calibre suficiente, cuando se destina a mercado nacional con los capítulos de 140 a 160 g/unidad. Cuando su destino es el mercado de exportación, principalmente a Francia, se eligen los capítulos de mayor calibre de 250 a incluso 500 g, siempre que sean tiernos. A la industria se destinan los capítulos de menor tamaño. Se deben recolectar antes de que empiecen a abrirse las brácteas externas, que en algunas ocasiones coincide con la formación de “pelo” en el receptáculo, que está asociado con la evolución de la flor y formación de su fruto. Para obtener un producto de calidad se deben dar pasadas semanales en el período de otoño e invierno y cuando las temperaturas son más elevadas se puede llegar incluso a dar más de dos recolecciones semanales.

Se considera como producciones medias aquellas comprendidas entre 15 a 25 t/ha, que corresponden con 100.000 a 200.000 cabezuelas/ha. Los capítulos una vez recolectados, se preenfrían a 1 o 5 °C y posteriormente se conservan a 0 °C con una humedad relativa del 90 a 95%, pudiendo mantenerse en esas condiciones durante 20 a 30 días. Los mejores rendimientos se obtienen en la zona meridional de Alicante y Murcia, le puede seguir las zonas más cálidas de Valencia, en Castellón los rendimientos pueden ser menores, en función del régimen de heladas y en Navarra generalmente no hay producción invernal.

Una vez finalizado el período de recolección se interrumpe el riego, durante los meses de junio y julio. En condiciones normales de cultivo, las altas temperaturas unido a la reducción del riego,

dejan totalmente paralizada la planta, con posibilidad de reanudar el crecimiento al regar la parcela durante el mes de agosto. La limpieza de brotes no se realiza de forma generalizada por los agricultores de Valencia y Castellón. En Alicante y Murcia es muy frecuente al mover la plantación de segundo año, dejar entre 2 a 4 brotes por planta, dejando 2 cuando el agricultor busca un mayor tamaño del capítulo (Gamayo, 1996).

7. Principales métodos de multiplicación y mejora del cultivo de alcachofa con la reproducción por semilla

La alcachofa es una planta perenne que se cultiva generalmente durante dos y en algún caso hasta un tercer año, dependiendo de su estado sanitario, aunque en la zona de Castellón y cada vez más en Alicante y Murcia se renuevan las plantaciones todos los años, previa desinfección de suelo.

La plantación de estacas se realizaba en Valencia y Castellón en la primera quincena de julio, en Alicante y Murcia del 25 de julio al 15 de agosto (Figura 9). En un estudio realizado por Bartual, 1986, indicaba que la fecha idónea de plantación es la 1ª quincena de agosto. Se realiza en surcos separados 0,8 a 1,2 m y entre plantas a 0,8 m. También son frecuentes marcos de plantación de 1,6 a 1,8 m entre hileras y 0,6 m entre plantas. La reposición de marras se realiza tras el segundo riego, aunque posteriormente se pueden producir marras que podrán ser repuestas en situaciones de un gran número de fallos, o bien los agricultores recurren a sembrar habas, en la modalidad de cultivo asociado, para aprovechar el terreno. Tras los riegos de plantación se puede hacer un recalzado para limpieza de adventicias y mejorar el enraizamiento de las estacas.



Figura 9. Capítulos del cv *Blanca de Tudela*, que es el más cultivado en España

7.1. Multiplicación por esquejes

En España predomina la multiplicación clonal vegetativa, a partir de esquejes, que se suelen adquirir de zonas con inviernos más fríos, como Tudela (Navarra), que generalmente garantizan las condiciones de vernalización y aseguran una buena floración. El agricultor vende los esquejes para implantar nuevos cultivos en esa misma zona o en otras de España, por lo que puede disfrutar de ingresos por venta de capítulos y por venta de planta.

3. Cultivos

Se compone de trozos basales, que ya han producido alcachofas, se han desecado en el período de reposo vegetativo (junio y julio) y cortado a unos 5 a 10 cm del suelo, tienen yemas axilares visibles en su base. Dichas estacas generalmente son sometidas a una selección clonal y sanitaria: realizando un marcaje de las plantas en primavera, por personal especializado, identificando aquellas fuera de tipo (marceras, callosinas, madrileñas.), para desecharlas en el momento del arranque de las estacas (julio-agosto), debiendo elegirse parcelas exentas de problemas sanitarios, incluida la posible presencia de barrenadores. De cada pie madre pueden obtenerse de 4 a 6 esquejes, que se plantan posteriormente en julio y agosto, conocido como “todo calzo”. Se pueden extraer brotes de planta que se mantendrán en campo una campaña más “medio calzo”.

7.2. Multiplicación por hijuelos

Procedente del material que se extrae en febrero-marzo de plantas madre, después del rebrote que sigue a la producción del primer colmo. Se toman hojas y raíces que se planta en viveros, separando entre sí los hijuelos en hileras de 8-10 cm. Posteriormente se trasplantan los hijuelos que han prendido, seleccionando los mejores.

Antiguamente fue un sistema muy utilizado por proporcionar plantaciones muy homogéneas y pocos fallos de arraigo. Sin embargo, el hecho de que resultase un procedimiento costoso lo ha marginado.

7.3. Zueca o parte de planta

Formado por un trozo de planta, arrancado con azada o pico y que comprende una o más estacas, parte de tallo subterráneo y de raíz.

7.4. Óvolo

Formado por brotes subterráneos que no han llegado a emerger, más o menos largos, hasta 10 cm y de 0,2 a 2 cm de grosor. Suelen tener raicillas en su base y una yema terminal viva.

Este método de multiplicación es de los más utilizados en Italia y prácticamente desconocido en nuestro país, debido a que la variedad *Blanca de Tudela* apenas forma óvolos, o son de reducido tamaño.

7.5. Cultivo de meristemas

El cultivo de “meristemas” persigue obtener plantas libres de virus, de meristemas apicales de yemas, brácteas o cotiledones, pero se producen variaciones somatoclonales que hacen perder precocidad.

Las plantas multiplicadas in vitro presentan un mayor desarrollo vegetativo y homogeneidad, debido a quedar libres de virus. Estas plantas no producen capítulos en otoño y cuando se produce lo hace de forma poco uniforme y muy tardíamente.

Una experiencia desarrollada en el Centro de Experiencias de Cajamar, sobre plantas in vitro con el cv *Blanca de Tudela*, la aplicación de ácido giberélico indujo una mayor precocidad, aunque sin promover una cosecha otoñal apreciable, que como bien se ha indicado anteriormente, es la más cotizada.

7.6. Otras variantes en la multiplicación, la prebrotación de estacas

En el Centro de Experiencias de Cajamar, también se han estudiado diferentes alternativas, como la prebrotación de estacas como estrategia para reducir las marras de plantación. La prebrotación precoz en maceta resultó una técnica interesante como fórmula para reducir los problemas de marras de plantación, esta técnica mejoró también la producción precoz, aunque presenta como inconveniente el mayor coste final de la planta.

7.7. Cultivo de la alcachofa multiplicada por semilla

En plantas multiplicadas por semilla, el frío es el único factor inductor de la floración, aunque puede influir la edad de la planta y la duración del fotoperiodo, las necesidades se estiman en unas 250 horas con temperatura por debajo de 7 °C. (Trigo y López 1984; Maroto, 2002 y 2007) (Figura 10). En algunos cvs se necesitan al menos 250 horas con una temperatura menor de 7 °C para que se induzca la floración, mientras que en otras se produce sin apenas haber estado las plantas sometidas a bajas temperaturas (Miguel, et al 2001). La inducción floral de la alcachofa se produce, en clima mediterráneo, cuando los días son cortos. Mientras algunos cvs no forman los capítulos hasta después de iniciado el invierno, los cvs tempranos se comportan como indiferentes al fotoperiodo y pueden tener una inducción floral precoz, en otoño e incluso en pleno verano (Miguel, et al 2001).



Figura 10. Plántula de alcachofa multiplicada por semilla, dispuesta para su transplante

Como se ha indicado anteriormente la multiplicación vegetativa presenta una serie de problemas como son:

- Altos porcentajes de marras o fallos de plantación
- Falta de uniformidad en el desarrollo del cultivo
- Transmisión de enfermedades, hongos y virus principalmente, a través de las estacas
- Transmisión de plagas como el barrenador de la alcachofa (*Gortyna xanthenes*)
- Calendarios de producción centrados en determinadas épocas del año, sin posibilidad de cubrir un calendario completo de producción
- Mayor susceptibilidad a ligeras heladas y otras alteraciones como la conocida “roya de cabeza”

3. Cultivos

Este sistema de multiplicación tiene desventajas fisiológicas, patológicas y económicas. Una parte importante de estos problemas podrían solucionarse con la tecnología de multiplicación de alcachofas a partir de semilla (Baixauli y Maroto, 2011). Con la expansión de los nuevos cultivares multiplicados por semilla, se ha observado que la aplicación de ácido giberélico puede inducir la floración en ausencia de bajas temperaturas, permitiendo obtener rendimientos en diferentes ciclos productivos. En función de los cvs utilizados se ha conseguido avanzar entre 50 a 120 días cuando se pulveriza con ácido giberélico a las plantas, la máxima precocidad se alcanza cuando la aplicación se hace entre septiembre y octubre (Maroto, 2007).

Cuando se realizan plantaciones de material multiplicado por semilla, los semilleros generalmente se ponen en marcha en el mes de mayo, para proceder a su trasplante a finales de julio o agosto. En este caso dependiendo del cv utilizado y por lo tanto de su vigor, se emplean marcos de 1,6 a 2 m entre hileras, manteniendo la distancia entre plantas, para utilizar entre 5.000 a 7.500 plantas/ha. Si el cv es menos vigoroso y se emplea ácido giberélico para adelantar la producción, la densidad recomendada es de 7.500 a 10.000 plantas/ha. En este caso el cultivo suele ser anual. Con este sistema de multiplicación existe la posibilidad de producir alcachofa durante los meses de verano, a partir de plantaciones de primavera, en zonas de cultivo a una altitud entre 600 a 1.000 m, de la que se obtiene un rendimiento discreto, aunque generalmente queda compensado por las mejores cotizaciones en ese período.

En cuanto al cultivo de alcachofa de semilla, es importante si se quiere obtener producción precoz (otoñal) ajustar las dosis de ácido giberélico en función del cv (Figura 11). Generalmente se utiliza la concentración de unas 30 ppm en cvs precoces, unas 60 ppm para aquellos de precocidad media y los cvs tardíos necesitan de las dosis más altas, de 90 ppm. El tratamiento se realiza cuando la planta tiene un cierto tamaño, generalmente con 7 u 8 hojas verdaderas cuando su proyección tiene unos 60 cm de diámetro, que suele coincidir con la primera quincena de septiembre. En estos tratamientos se recomienda adicionar al caldo un abono foliar rico en nitrógeno, para facilitar la absorción del producto. En nuestras condiciones suele coincidir sobre el 15 de septiembre, siendo recomendable repetir dicho tratamiento, otras dos veces dejando un intervalo de 15 días entre ellos. Es conveniente realizar los tratamientos a primera o preferiblemente a última hora del día, mojando bien la planta, evitando las horas de mayor temperatura, con la parcela bien regada, para favorecer la absorción del producto. La respuesta de la planta a este tratamiento es rápida: se observa a los pocos días un mayor crecimiento, desarrollo erguido de las plantas y una coloración verde más clara.



Figura 11. Tratamiento con ácido giberélico a plantas reproducidas por semilla

Se ha podido constatar una gran variabilidad entre campañas, en referencia al adelanto en producción que supone la aplicación del ácido giberélico en los distintos cvs, con respecto a un testigo sin tratamiento. Esto es debido a multitud de factores, entre los que cabe destacar los ambientales, en especial la temperatura, y el efecto vernalizante que haya podido causar en los distintos cvs. Esto nos da una idea de la complejidad de elaborar un calendario de producción en alcachofa, para el cual será necesario la utilización de diferentes cvs con distintas precocidades y, en paralelo, la utilización de la técnica del giberélico, al menos en una parte de la superficie de cultivo. El aclareo de brotes no es necesario realizarlo y cuando se deja para cultivo de segundo año, se está imponiendo una práctica que consiste en pasar un triturador de leña, a una altura sobre el suelo de unos 10 a 15 cm, para que posteriormente pueda rebrotar la planta.

Existe la posibilidad de realizar programas de producción con alcachofas multiplicadas por semilla, recurriendo a cvs precoces tratados con diferentes concentraciones de GA3, plantados en julio y agosto para obtener producción temprana (otoño) y continuar el programa de trasplantes en octubre y noviembre con cvs más tardíos como por ejemplo Madrigal, para llegar a obtener capítulos hasta el mes de mayo (Figura 12). Estos últimos trasplantes permiten un ahorro de agua de un 30%, respecto a los mismos realizados en julio (Gamayo y Aguilar, 2008).

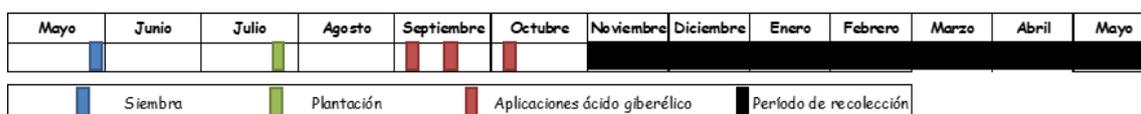


Figura 12. Calendario de producción y momento de aplicación de ácido giberélico, en alcachofa multiplicada por semilla. Fuente: elaboración propia

8. Variedades de alcachofa

Los cvs se diferencian principalmente por la forma (esférica u oval), tamaño y color (verde o violeta) del capítulo y por la precocidad. Los diferentes cultivares se pueden agrupar en “Spinosi”, integrado por cvs con espinas en hojas y brácteas, grupo “Violetti” con cvs con capítulos de tamaño medio, color violeta y producción primaveral, grupo “Romaneschi” con cvs de capítulos esféricos y recolección primaveral tardía y grupo “Catanesi” con cvs de recolección otoñal, con capítulos alargados y relativamente pequeños como el cv *Violeta de Sicilia*. En este último grupo habría que encuadrar a los cvs. *Violeta de Provence* y *Blanca de Tudela*.

Como ya se ha indicado, el principal material vegetal cultivado en España es *Blanca de Tudela*, el capítulo es de color verde oval, de tamaño pequeño, compacto, muy temprano y con producción de otoño, invierno y primavera. Dentro de este cv se distinguen tres tipos y dos subtipos relacionados entre sí por vía mutacional. Los tipos distinguibles son: normal, cardero y repollo, el último sólo da producción primaveral. Dentro del tipo normal se distinguen otros dos subtipos: normal-céreo y normal forrajero (Gil, 1991).

Existen diferentes clones de *Blanca de Tudela* obtenidos en Logroño como son el *clon A, B, C y D*. En el IVIA en Valencia también se han obtenido diferentes clones, como son el *23T, 26T, 29T y 32T*. En el IVIA también se seleccionaron 3 clones de *Monquelina 1M, 3M y 9M*, todos de color verde. El cv. *Aranjuez* se cultiva en Madrid y anteriormente en Cataluña. Entre el material de alcachofa multiplicado vegetativamente, con capítulos de color violeta destaca *Violeta de*

3. Cultivos

Provenza, que es el más cultivado en España, cuyo destino es el mercado francés y su producción está muy centrada en el sur de Alicante y Murcia. Este cv es de capítulo oval y temprano. Existen otros cvs de alcachofa morada como: *Crisantheme*, *Salanquet*, *Violeta de Puglia* y *Romanesco*. En Italia se cultiva como anual el cv *Violeta de Sicilia* de color morado, *Romanesco*, *Violetto di Toscaza*, *Spinoso Sardo*, *Bianco Tarantino* y *Violeta de Provenza*.

En Francia el cv más importante es *Camus de Bretaña*, de color verde, *Violeta de Provence*, *Castel*, *Hyérois Blanc*. En los Pirineos franceses cultivan el cv *Macau* de color verde (Macua, 2003).

En Estados Unidos se cultiva como perenne el cv *Green Globe*, procedente de *Bianco Tarantino* de Italia. Como anuales y reproducibles por semilla se cultivan los cvs *Imperial Star*, *Desert*, *Emerald* y *Green Globe* mejorada.

En Turquía existen 2 variedades locales: *Sakiz* y *Bayrampasa*, este último es un cv tardío y el primero más precoz (Ercan *et al.*, 2007).

Se conocen en España otros cvs franceses multiplicados meristemáticamente, como son *Camerys*, *Capa* y *Salambó* (Maroto, 2001).

En multiplicación por semilla, procedentes de polinización abierta, en: “grupo de las tempranas” procedentes de Estados Unidos, de capítulos esféricos o subesféricos, el primero en aparecer fue *Green Globe* y el más importante a nivel mundial: *Imperial Star*, con menos pigmentos antociánicos que el anterior. Este último se cultiva con otros nombres, como *A-106*, *Lorca* o *PS 25000*. Y el “grupo de las tardías”, desarrolladas principalmente en Francia e Israel, siendo la más importante el cv *Talpiot*. Se diferencia un tercer grupo, de introducción más reciente, que corresponde a las nuevas variedades híbridas.

Se ha venido utilizando principalmente la variedad *Imperial Star* por ser la más precoz, de semilla más barata y productiva, aunque sus capítulos son globosos y el mercado busca cvs similares a *Blanca de Tudela*. Algunas empresas de semillas han puesto en marcha programas de mejora genética y han conseguido variedades interesantes, como es el caso de la empresa Nunhems semillas (actualmente BASF), que ha obtenido las variedades *Shynfony*, *Nun 4011*, *Madrigal* en el grupo de material de capítulos verdes y *Opal*, *Concerto* y *Opera* para capítulos violeta (Figuras 13 y 14). Entre las últimas obtenciones hay que destacar el cv *Green Queen F1*, altamente productiva y buena calidad de sus capítulos.



Figura 13. Variedad procedente de semilla Nun 4011



Figura 14. Capítulos de un cv violeta de alcachofa multiplicada por semilla

En numerosos trabajos realizadas en el Centro de Experiencias de Cajamar en Paiporta, se ha constatado que existe material vegetal multiplicado por semilla que es alternativa o puede complementar al de multiplicación vegetativa, existiendo cvs de muy buena calidad tanto en capítulos de color verde como violeta. En los de color verde destaca el cv *Madrigal* por su alto rendimiento, aunque presenta como problema que su producción es muy tardía. Por su precocidad, calidad y producción destaca la línea *NUN 4011*, sus capítulos no son tan cónicos como los del cv *Blanca de Tudela*. El cv *Symphony*, es un cv muy interesante, debiendo adecuar el manejo, ajustando las concentraciones de ácido giberélico para mejorar su precocidad. Entre los cvs de capítulos violeta destaca el comportamiento del cv *Opal* por su calidad, precocidad y buena producción.

9. Principales plagas y enfermedades

En el cultivo de alcahofa, se ha venido considerando como plagas y enfermedades clave orugas como el barrenador (*Gortyna xanthenes*), barrenador del maíz (*Ostrinia nubilalis*), orugas defoliadoras como las rosquillas negra y verde Rosquilla negra (*Spodoptera littoralis*) y rosquilla verde (*Spodoptera exigua*) y otras polillas (*Depressaria erinacella*) (Figura 15). Pulgones (*Brachycaudus cardui* *Aphis fabae* y *Capitophorus corni*) que en ocasiones pueden ser difíciles de controlar. Caracoles y babosas, tijeretas (*Forficula auricularia*), insectos de suelo como barreneta (*Agriotes* sp) y gusano gris (*Agrotis segetis*). Minador o submarino (*Liriomyza trifolii* y *L. huidobrensis*) Trips (*Frankliniella occidentalis*). En los últimos años, debido posiblemente a la repetición del cultivo se está observando un incremento de la presencia de nematodos. En cuanto a enfermedades destacar la Oidiopsis (*Leveillula taurica*), *Ramularia cynarae* y otros hongos como *Ascochyta hortorum*, *Alternaria* y *Bremia lactucae*. Entre las principales causas de la presencia de marras de plantación se consideran las enfermedades de suelo y vasculares también transmisibles por el material vegetal, como *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*. En general se considera que en su mayoría las marras de plantación se deben a la incidencia del hongo *Rhizoctonia solani*, en otros trabajos asociado a las marras de plantación ha sido

3. Cultivos

detectado el hongo vascular *Verticillium dahliae* (Miguel *et al.*, 2001; Armengol *et al.*, 2004). La “roya de cabeza” produce un necrosamiento típico en la zona apical de las brácteas de los capítulos. Requiere humedades altas y temperaturas bajas. Los cvs. multiplicados por semilla son más resistentes a esta alteración que el cv *Blanca de Tudela*. A veces este término es también empleado para describir una alteración que produce la misma sintomatología, consecuencia de una mala translocación del calcio vía floemática; principalmente en condiciones de alta temperatura, falta de riego, condiciones de salinidad del extracto saturado del suelo, agua de riego, o por la combinación de dos o más de estos factores.



Figura 15. Estaca de alcachofa, en cuyo interior se observa una oruga de barrenador

Las virosis más frecuentes en el cultivo de alcachofa son (Migliori *et al.*, 1987; Maroto 2002) *Virus latente de la alcachofa* (ALV), potivirus transmisible por pulgones. *Virus del marchitamiento de las habas* (BBWV), de tipo esférico y transmisible por pulgones y otros homópteros. *Virus del “rattle” del tabaco cepa-alcachofa* (TRV-A), tobnavirus alargado transmitido por nematodos. *Virus de las manchas negras del tomate, cepa alcachofa* (TBRV-A). Complejo virótico, cuya sintomatología se muestra con plantaciones irregulares, aparición de plantas fuera de tipo y escasa producción. La multiplicación vegetativa del material ha llevado a que las estacas estén infectadas por varias virosis. Eso puede explicar el buen resultado inicial de las plantaciones realizadas en el área mediterránea, con material procedente del interior de la península (Navarra y La Rioja) respuesta que se va difuminando con el paso de los años (García, 1999).

Grasa de la alcachofa: está producida por *Xanthomonas* sp. Se muestra con la aparición de manchas aceitosas en las brácteas de los capítulos. Los ataques se suelen producir tras un período de heladas seguido de altas temperaturas (Maroto, 2002).

Otras bacterias: En algunos cultivares de alcachofa multiplicada por semilla, se ha podido detectar dos sintomatologías, la primera con manchas oscuras en la parte superior del tallo, en la base de las brácteas y en los nervios foliares, de la cual se pudo aislar una bacteria del género *Pseudomonas*. El segundo síntoma consistió en el oscurecimiento y alteración del tálamo floral, apareciendo en la zona próxima al capítulo estrías oscuras y alargadas (García, 1999).

Se producen daños en los capítulos con temperaturas cercanas a los 0 °C provocando un desprendimiento de la epidermis en las brácteas de los capítulos, evolucionando a un aspecto manchado. Con temperaturas más bajas los capítulos más pequeños llegan a necrosarse totalmente y los tálamos florales llegan a doblarse debido a que la zona de corte se muestra más sensible. Estos capítulos no son comerciales. A menos de -4°C puede llegar a helarse la parte

subterránea, pudiendo recuperarse, aunque con un cierto retraso en el desarrollo, en relación con la sensibilidad varietal, existiendo una clara relación directa entre precocidad y sensibilidad frente a la helada (Gil, 1999).

Los vientos fuertes y secos perjudican al cultivo sobre todo en sus primeras fases. Sobre las brácteas externas del capítulo se pueden producir manchas de aspecto similar a los daños ocasionados por las heladas.

Para el control de malas hierbas existen herbicidas autorizados de contacto o sistémicos como el glifosato, al cual la alcachofa es especialmente sensible, por lo que se recomienda no utilizarlo con el cultivo en marcha.

10. Conclusiones y algunas reflexiones sobre este cultivo

Como se ha indicado en el epígrafe de importancia económica, en 1990 se llegó a producir en España 428.000 t, en aquel momento el segundo y tercer puesto en importancia se disputaba entre España y Francia. El principal productor siempre ha sido Italia, entre otras razones, porque es el país de mayor consumo per cápita de alcachofa del mundo. En Italia existe una cultura de consumo y reconocimiento de las variedades locales, con una diversidad varietal que es única en el mundo.

Esta caída de la producción se debe, por un lado, a la deslocalización de la producción destinada a la industrialización como es el caso de Perú, restringiendo cada vez más la posibilidad del mercado de producto transformado, cuando la producción, en determinados momentos, superaba a la demanda del mercado en fresco. Los costes de producción de la alcachofa superan los 0.65 €/kg de media, y para garantizar la rentabilidad de las explotaciones es conveniente acercarse a rendimientos de 20.000 kg/ha, que resulta complicado con el cultivo de la alcachofa *Blanca de Tudela* especialmente en parcelas en las que se recurre a la repetición del cultivo, por los problemas sanitarios que se han expuesto en esta publicación, siendo una de las razones por las que el agricultor no suele mantener el cultivo un segundo o un tercer año, dado que los rendimientos se reducen de forma considerable.

Los especialistas en alcachofa o los agricultores que están padeciendo una falta de rentabilidad, por la reducción de los rendimientos, están considerando el cultivo de la alcachofa multiplicada por semilla como una alternativa, debido a la posibilidad de mejorar de forma significativa los rendimientos, con un producto de una calidad similar y en algunos casos incluso mejor que la que aporta *Blanca de Tudela* (Figura 16).

Por otro lado, se detecta que es un producto muy sensible a las acciones de promoción, en el que al consumidor hay que recordarle las magníficas propiedades sobre la salud que aporta el consumo de alcachofa, así como las posibilidades culinarias y culturales que aporta este cultivo. En ese sentido hay que recordar las acciones promocionales que se realizan desde la DOP (Denominación de Origen Protegida) Alcachofa de Benicarló, con diferentes jornadas gastronómicas. La IGP (indicación de Origen Protegida) alcachofa de Tudela que se cultiva en 33 municipios de la Ribera Navarra. Alcachofa Vega Baja del Segura, que trata a este producto como “la Joya de la Huerta”, esta asociación también realiza un enorme esfuerzo de promoción, jornadas gastronómicas, recetarios y comunicación en relación a sus propiedades. Una de las

3. Cultivos

últimas iniciativas a nivel nacional, ha sido la creación de la Asociación Alcachofa de España, que promueve el uso de la alcachofa en la cocina, para lo cual se han unido las empresas hortofrutícolas, la industria transformadora, comercios y restaurantes de España, para una vez más recordarnos los beneficios saludables, la influencia sobre el desarrollo del sector agrícola español y promover unos hábitos de alimentación saludable.



Figura 16. Explotación de alcachofa multiplicada por semilla, visitada en el último Symposium Internacional de alcachofa, cardo y sus afines en 2019, celebrado en Orihuela (Alicante)

Bibliografía

- Baixauli, C., Maroto, J.V. (2011). Cvs de alcachofa propagable por semilla, respuesta al ácido giberélico. Ed. Académica Española
- Baixauli, C., Giner, A., Miguel, A., López, S., Pascual, B. and Maroto, J.V. (2007). Agronomic Behaviour of Seed Propagated Artichoke Cultivars in the Spanish Mediterranean Area. *Acta Horticulturae*, 730: 143-147.
- Bartual, R., Cubillos, A., Cases, B. (1986). Técnica para reducir el porcentaje de marras en las nuevas plantaciones de alcachofa en el Levante. *Actas del II Congreso Nacional de la S.E.C.H.*, Vol. I:497-508. Córdoba.
- Bianco V.V. (2007). Present and Prospecto Fresh and Processed Articocke. VI International Symposium on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives. *Acta Horticulturae* 730: 23-37.
- Cebolla, V., Campos, T. (1989). Control químico de las marras de plantación en alcachofa. *Agricultura y Cooperación*, 89: 26-28.
- García, M. (1999). Plagas, enfermedades y fisiopatías del cultivo de la alcachofa. Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación. Valencia.

- Macua J.I. (2007). New Horizons for Artichoke Cultivation. VI International Symposium on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives. *Acta Horticulturae* 730: 39-48.
- Maroto, J.V.; Baixauli, C. (2017). *Cultivos hortícolas al aire libre*. Ed. Cajamar Caja Rural.
- Maroto, J.V. (2002). *Horticultura Herbácea Especial*. (5ª Ed.). Ed Mundi Prensa. Madrid.
- Maroto J.V. (2002). Principales problemas y soluciones para el cultivo de la alcachofa. *Vida Rural*, 146: 26-28.
- Maroto J.V. (2001). El cultivo de la alcachofa, nuevas tecnologías productivas. *Vida Rural*, 125: 50-52.
- Márquez, B., Vicent, A., Sales, R., Armengol, J., García-Morató, M., García-Jiménez, J. (2000). La verticilosis de la alcachofa. *Comunidad Valenciana Agraria. Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación.*, 17: 43-46.
- Miguel, A. (2001). Cultivo de la alcachofa de semilla. *Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación.*, 19: 43-47.
- Migliori, A. (1987). Répartition, fréquence et nuisibilité des virus chez l'artichaut en Bretagne. *Pép. Hort. et Mar Reveu Horticole*, 249: 29-36.
- Pomares, F., Tarazona, F., Estela, M., Bartual, R., Arciniaga, L. (1991). Fertilización nitrogenada, fosforada y potásica en alcachofas en la Comunidad Valenciana. *Agrícola Vergel*, 118: 623-626.
- Pomares, F. Baixauli, C., Aguilar, J.M., Giner, A., Tarazona, F., Estela, M. (2003). Memoria de actividades 2002. Resultado de ensayos hortícolas. Efecto de la fertirrigación nitrogenada en la alcachofa de semilla. *Fundación Ruralcaja Valencia, Generalitat Valenciana*: 377-378.
- Pomares, F. Baixauli, C., Aguilar, J.M., Giner, A., Tarazona, F., Estela, M. (2003). Memoria de actividades 2002. Resultado de ensayos hortícolas. Fertirrigación fosforada y potásica en la alcachofa de semilla. *Fundación Ruralcaja Valencia, Generalitat Valenciana*: 379-380.
- Pomares, F. Baixauli, C., Aguilar, J.M., Giner, A., Tarazona, F., Estela, M. (2003). Memoria de actividades 2002. Resultado de ensayos hortícolas. Efecto de diferentes dosis de riego en alcachofa de semilla. *Fundación Ruralcaja Valencia, Generalitat Valenciana*: 381.
- Pomares, F., Baixauli, C., Aguilar, J.M., Giner, A., Tarazona, F., Gómez, J., Albiach, R. (2004). Effects of Water and Nitrogen Fertilization on Seed-Grown Globe Artichoke. V International Congress on Artichoke. *Acta Horticulturae* nº 660: 303-309.
- Pomares, F. (2008). La fertilización y fertirrigación, programas de nutrición, influencia sobre la programación. XI Jornadas del grupo de Horticultura. *Actas de Horticultura* nº 50. 133-143.
- Rincón, L., Pérez A., Pellicer C., Abadía A. y Sáez J. (2004). Nutrient Uptake by Artichoke. V International Congress on Artichoke. *Acta Horticulturae*, 660: 287-292

30 años

Producto
100%
nacional

PIONEROS en SANDÍAS SIN PEPITAS

RACIONES
DE VIDA PARA
EL CAMPO

comprando
sandías sin pepitas

BOUQUET

estamos cultivando
el futuro de
nuestros
agricultores



Una BUENA
IDEA que te
hace la vida
más fácil y
que perdura
en el tiempo
GRACIAS
A NUESTROS
AGRICULTORES.



Y SEGUIMOS
CULTIVANDO
FUTURO ●●●●

3.4. Bouquet, la sandía que revolucionó la categoría

Piedad Coscollá¹ y Francisco Borrás^{2*}

paco@pacoborras.com

¹*Anecoop S. Coop.*

²*Consultor*

Índice

1. Introducción
2. Inicios de la sandía sin pepitas
3. Sandía Bouquet
4. Aparición de la sandía mini y Syngenta
5. La innovación constante en Anecoop
6. Situación actual de la sandía sin pepitas de Anecoop

Resumen

En las últimas décadas hemos asistido a la aparición de nuevos productos en los lineales. Algunos han sido simplemente productos históricos en otras zonas, que gracias a la logística se han convertido en habituales en mercados lejos de su origen, como muchos exóticos. Otros han sido nuevos productos resultado del trabajo innovador de los obtentores de nuevas variedades. Pero, una vez obtenidos estos nuevos productos, es imprescindible enlazar bien los diferentes escalones de la cadena de valor hortofrutícola para que el producto se consolide en el lineal. La sandía sin semilla es un ejemplo paradigmático de como un producto que los obtentores lo pusieron a punto a mediados de los 70, necesito la intuición del equipo de Anecoop S. Coop, que en aquel momento no era precisamente un especialista en sandías, para una década más tarde valorar el potencial del producto, elaborar una estrategia integral desde la producción hasta el lineal y posicionarla en el mercado. El cambio que provoco la iniciativa de Anecoop, ha alterado totalmente el comercio mundial de sandías y melones.

1. Introducción

El consumo mundial y con ello la producción mundial de la familia de frutas que conforman los melones y las sandías, ha cambiado totalmente en las últimas décadas. Este cambio no se entendería sin la aparición de las llamadas sandías sin pepitas (agronómicamente hablando triploides). El mercado alemán, con su histórica exactitud, nos obligó a cambiar la palabra “seedless” por el vocablo alemán “kernarm” (pobre en pepitas) y hay que reconocerles que

3. Cultivos

tenían razón desde un punto de vista literal. si bien el consumidor mundial nos compró la idea y hoy son sin pepitas.

Hasta finales del siglo pasado la sandía era básicamente un producto grande en tamaño, imposible de manejar en los frigoríficos caseros, con muchas pepitas y cuyo consumo se concentraba en el verano.

A veces se ha comentado que el sector de frutas y hortalizas es algo conservador y con poca innovación disruptiva. Curiosamente uno de los primeros cambios afectó a un producto poco singular como las sandías y sucedió hace ya cerca de 30 años. El cambio llegó de la mano de la sandía sin pepitas, y sin lugar a dudas al gran avance conseguido por los obtentores de semillas, que en los últimos años mejoraron esta fruta con nuevas aportaciones en textura, azúcar, sabor y tamaño. De forma progresiva la sandía se convirtió en un producto de más meses en el lineal y con un mayor atractivo para el consumidor en general, aunque su consumo, muy asociado con el calor, sigue manteniendo los grandes picos en el verano. Y todo ello condujo a nivel mundial, a un efecto directo sobre la familia de los melones y las sandías.

Como vemos en la Figura 1, desde la década de los 80 las exportaciones mundiales de sandías y melones fueron creciendo al mismo ritmo y durante los 25 años que van desde 1980 a 2005 sus cifras fueron similares. Pero a partir de ese momento se disparan las exportaciones de sandías de forma que en el último quinquenio (2016-2020) las cifras de sandía doblan las de melones.



Figura 1. Exportación mundial de sandías y melones desde 1980 hasta 2019. Fuente: FAOSTAT, 2020.

En estos momentos España es el líder indiscutible de la familia de melones y sandías, como podemos ver en la Tabla 1.

En lo referente a las sandías en España, México, Italia, EEUU, Guatemala, Brasil y Honduras, las cifras de Sin Pepita son claramente dominantes sobre el conjunto.

Es por otra parte indudable que en muchos países el consumo local de sandías aún está muy centrado en la clásica con pepitas, como en China, Turquía o India, que son los tres primeros productores mundiales de sandía, pero que como hemos visto en la estadística anterior no aparecen en la lista de los primeros 10 países exportadores de sandías.

Los consumidores de las grandes zonas importadoras, el continente europeo y Norteamérica, consumen en estos momentos básicamente Sandías Sin Pepitas

Tabla 1. Exportaciones mundiales de melones y sandías (promedio de los años 2016-2020). *Fuente:* Trademap

Melones			
Posición	País	Exportación (1000 TM)	%
1	España	435	20,15
2	Guatemala	358	16,56
3	Brasil	229	10,58
4	Honduras	228	10,57
5	EE.UU.	181	8,37
6	México	129	5,95
7	Costa Rica	109	5,04
8	China	71	3,29
9	Marruecos	53	2,46
10	Uzbekistán	25	1,14
11	Resto Países	344	15,92
12	Mundo	2162	
Sandías			
Posición	País	Exportación (1000 TM)	%
1	España	812	19,54
2	México	695	16,73
3	Irán	530	12,77
4	Italia	258	6,20
5	EE.UU.	223	5,38
6	Grecia	185	4,45
7	Marruecos	157	3,77
8	Guatemala	102	2,45
9	Brasil	84	2,02
10	Honduras	60	1,44
11	Resto Países	1044	25,13
12	Mundo	4155	

Si vemos cual ha sido la evolución en España del conjunto melones y sandías analizando la evolución de sus exportaciones en el mismo periodo que hemos analizado a nivel mundial tenemos la Figura 2.

Vemos como España reproduce prácticamente la curva mundial, en cuyo conjunto representamos el 20 % de las operaciones, como hemos visto en la Tabla 1.

3. Cultivos

Las exportaciones españolas de sandía estuvieron siempre por debajo de las exportaciones de melones desde 1980 hasta el año 2008, pero luego despegaron consiguiendo doblar las cifras de melones en los últimos años.

Y este cambio se debe fundamentalmente a la sandía sin pepitas, y hablar en España de estas sandías es hablar de sandía Bouquet.

Pasamos por ello a contaros su historia.

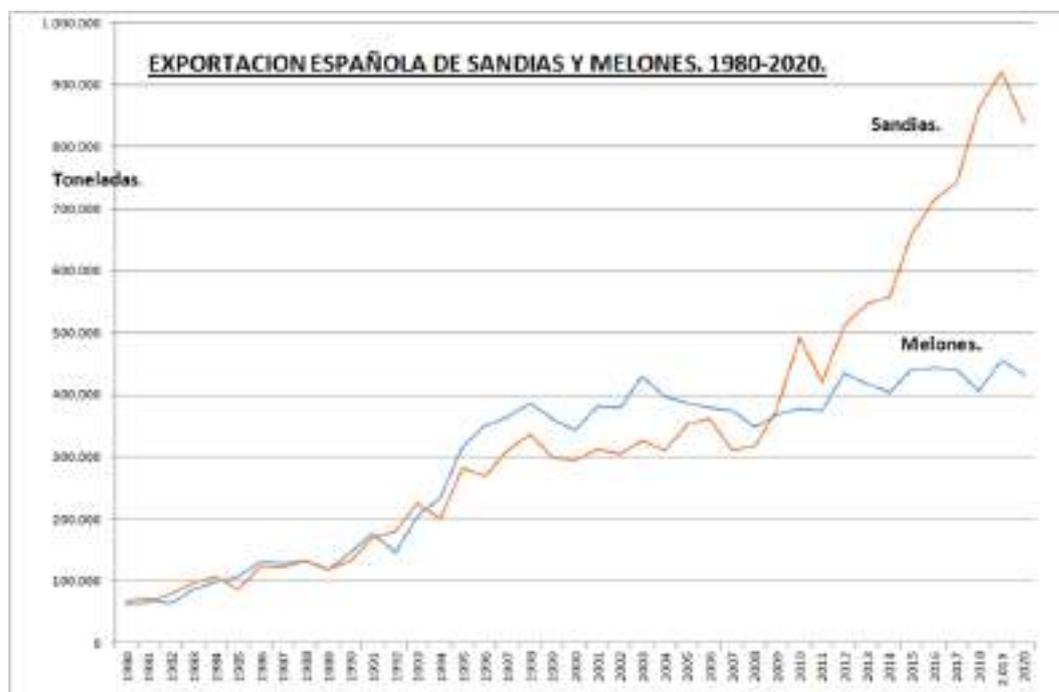


Figura 2. Exportación española de sandías y melones desde 1980 hasta 2020. Fuente: Ministerio de Comercio (1980-1994) y Datacomex (1995-2020)

2. Inicios de la sandía sin pepitas

A finales de los 70, varias empresas de semillas obtuvieron las primeras variedades y con ellas vinieron las primeras producciones comerciales de sandías sin semillas. Pero fue Petoseed, con la que luego llamó Reina de Corazones, la primera que marcó pauta en Europa.

Pero, Petoseed, cometió un error paradigmático de las empresas de semillas en general. Se dio cuenta de que tenía algo realmente novedoso y decidió intentar explotarlo de forma integral, desde la producción al consumo. Desarrollaron una etiqueta, con el planteamiento de intervenir en los productores, para luego imaginar que les podían garantizar 1 duro (5 pesetas, hoy 0,03 €) por kilo por encima del precio de la sandía con pepitas. El intento fracasó y no se consolidó la iniciativa.

Mientras tanto, en aquel momento una empresa pequeña, ubicada fundamentalmente en la Comunidad Valenciana y Cooperativa, Anecoop, que se había abierto un camino y un respeto en el sector exportador cítrico español empezaba a vislumbrar España desde un punto de vista global y que iba más allá de los cítricos y miraba más hacia el Sur.

Un recién creado departamento de Producción y Desarrollo, que empezó a trabajar en las instalaciones de Caja Rural de Valencia en Paiporta (Valencia), inició en 1986 pruebas experimentales con diferentes variedades de sandías sin pepitas que les ofrecían las casas de semillas.

Muy pronto destacaron las posibilidades de la Reina de Corazones y además comprendieron cual fue la parte del fracaso de Petoseed. El huevo de Colón fue resolver el problema de la baja germinación que había sido el factor determinante del revés de los agricultores a los que Petoseed les había vendido la semilla. Y es que ellos con el sistema clásico de germinación, construyendo en cada parcela una pequeña cobertura de plástico, no habían conseguido alcanzar niveles de germinación que permitieran asumir el costo de la semilla.

Los técnicos de Anecoop al frente de los cuales estaba José María Torres y en particular en las sandías, Marcos Romeu, resolvieron el tema, realizando la germinación con los métodos profesionales que se usaban para otros tipos de semillas y empezaron a usar el injerto sobre calabaza. Fue el inicio del éxito de la sandía sin pepitas y Petoseed aún tuvo tiempo de explotar las posibilidades comerciales de la Reina de Corazones, que durante varios años disfrutó de una posición privilegiada en el mercado, hasta que los departamentos de investigación de otras casas de semillas fueron mejorando las variedades y la Reina de Corazones pasó a la historia, como muchas otras variedades.

Pero, en esos años se produjo un hecho colateral, que fue determinante para la sandía. En el verano de 1989, se incorporaron a Anecoop una serie de cooperativas de Almería y Anecoop abrió oficina en Roquetas de Mar. Llegaron a la familia, hasta entonces muy escorada a cítricos y productos de Valencia y Alicante, productores de Almería y técnicos de la zona. La incorporación de Manolo Navarro a la dirección de Anecoop France, fue decisiva para que, a final del verano de 1990, se decidiera el inicio de un proyecto serio basado en la Sandía Sin Pepitas y en particular en la Reina de Corazones.

En aquel momento la sandía era un producto sin marca, con campañas independientes en cada zona de producción. Almería bajo invernadero iniciaba la campaña y cuando acababa a finales de junio, pasaba por encima de Murcia que estaba volcada en melones, a la zona de Valencia y se remataba ya en agosto con unas pocas plantaciones en La Mancha. Se usaban básicamente cajas de cartón genéricas, palots y mucho granel directo de campo. Todo estaba por hacer.

3. Sandía Bouquet

1991-1992.

Se decidió la elección de una marca específica: Bouquet, para el desarrollo de este nuevo proyecto. Había que revolucionar la categoría de sandías. Se desarrolló toda una estrategia de imagen diferenciadora de este nuevo producto en el mercado, empezando por una caja especial para la sandía (Figura 3).



Figura 3. Imagen comercial de la marca Bouquet de Anecoop y desarrollo de un envase especial para sandías durante 1991-1992

Se planificó un calendario de plantación que abarcara la campaña de todas las zonas de producción, gestionando desde el primer momento la producción y entrega a los productores de las plantas siguiendo un programa que respetara las características de cada zona.

Se acordó un sistema estricto de comercialización exclusiva a través de Anecoop de toda la producción obtenida de las plantas entregadas a los productores.

En 1991, se realizó el primer test comercial en el mercado enviando producto a todos los países europeos con los que se trabajaba. Y tras el éxito de la prueba, en 1992, se iniciaron los programas estables de comercialización.

En esas dos campañas iniciales se comercializaron 1.689 Tm y 5.356 Tm respectivamente, y se realizó una inversión en Marketing que suponía un 6% sobre el total del valor de las ventas.

1993-1999

Anecoop adquirió confianza en el producto y decidió hacer un esfuerzo especial en marketing que supuso una inversión durante el año 1993 de un 38% del valor de las ventas. Después siempre se siguió invirtiendo dentro de parámetros más discretos, pero el esfuerzo mereció la pena. Se realizaron una serie de Meetings Bouquet (1993, 1994, 19995 y 1998) que sirvieron para presentar las novedades en producción a los clientes y el tiempo demostró que esta estrategia funcionó.

En el verano de 1994, Anecoop superó las 20.000 Tm de comercialización de Sandía Sin Pepitas.

Se diseñaron estrategias de dignificación del producto, con el famoso Maître que ofrecía las sandías sin semillas en restaurantes Gourmet, porque no tenían el engorro que suponían las semillas y se convenció a los clientes de que las sandías del calibre 2 y 3 eran mejores que las del calibre 6, teniendo en cuenta la variedad que se usaba en aquel momento.

Anecoop pasó en los primeros años de la década de los 90, de un 1,3% de cuota de exportación en sandías a un 20% en 1995, y a alcanzar el 30% en 1999.

Fueron años en los que la sandía Bouquet se posicionó en todos los países de Europa, por encima de las sandías tradicionales que hasta ese momento se habían exportado y que básicamente eran los calibres pequeños de la sandía con pepitas, que no tenían salida en el mercado español y que se buscaban en Europa, más por el tamaño que por el sabor.

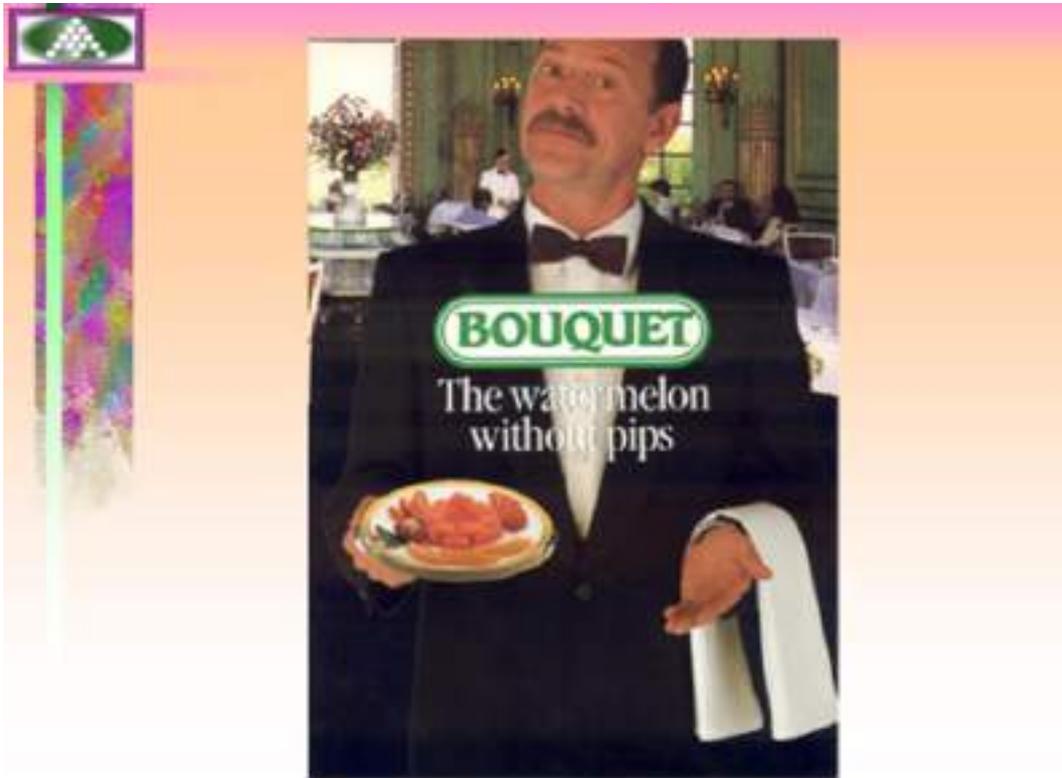


Figura 4. Campaña de promoción de las sandías sin pepitas de la marca Bouquet de Anecoop

4. Aparición de la sandía mini y Syngenta

Desde el principio de la sandía sin pepitas, todos sabíamos que el tamaño a partir de 3 kilos era un problema muy difícil de gestionar para que la sandía entrara en casas con unidades familiares de pocas personas e incluso de solo una.

Los hibridadores de las diferentes empresas de semillas conocían este tema y muchos de ellos se estaban esforzando para encontrar variedades de sandías más pequeñas por sí mismas y no solo como el fruto del final de la planta que nunca tenía la calidad propia de la variedad. Y en ese momento llegó Syngenta con sus Minis. Entre 2002 y 2004, puso a punto algunas variedades de sandías sin pepitas rayadas por fuera, pero verdaderamente mini. Y además eran realmente buenas.

Pero, desgraciadamente volvió a caer 30 años más tarde en el mismo error en el que había caído Petoseed con la Reina de Corazones. Quiso explotar el producto desde la semilla, la producción, la marca, intervenir en la comercialización, hablar con los supermercados, definir el marketing, etc, etc.

Forzó una alianza de Anecoop con Peviani en Italia, nos hizo asumir una marca conjunta, Solinda, con una importante inversión para encontrar el nombre de la marca. Y más tarde, realizar largas

reuniones de marketing y programación en las que consumíamos nuestras energías, que en ese momento tenían que haber estado concentradas en la implementación de la producción y el posicionamiento de la nueva sandía en el mercado. En definitiva, el objetivo de Syngenta era consolidar una nueva marca que consiguiera identificar la sandía mini con el nombre, pero pronto se vio que otras empresas de semillas también empezaban a despuntar con variedades con las mismas características y al final Syngenta tuvo que volver al punto de partida y mantenerse como una gran empresa obtentora de buenas semillas, dejando la parte productiva y comercial en manos de las empresas productoras comercializadoras como era el caso de Anecoop.

Hoy la Sandía mini, es una más dentro de la gama de Sandías Bouquet, con su buen nicho de mercado y su buen posicionamiento.

5. La innovación constante en Anecoop

Este desarrollo y el que siguió no se puede entender sin conocer todo lo que el departamento de Producción y Desarrollo de Anecoop realizó desde el primer momento y continúa realizando en sandías. Desde el año 1987 al 1990 el departamento había testado 26 diferentes variedades de sandías sin semillas hasta decidirse por la Reina de Corazones.

En aquel momento, se tomó la decisión estratégica de elegir una variedad con la piel rayada, similar a la histórica variedad rayada con muchas pepitas Crimson y a las antiguas grandes sandías ovaladas también con muchas pepitas, con el fin de diferenciarlas de las sandías más producidas en España para consumo local y para exportación que, en aquellos años, eran las sandías completamente negras por fuera. A riesgo de confundirla con una Crimson, preferíamos que se distinguiera fácilmente de la negra con pepitas. Y fue una decisión acertada porque nos permitió identificarnos fácilmente tanto en el mercado nacional como en el de exportación.

En la Tabla 2 vemos cual fue el esfuerzo realizado por el departamento de Producción y Desarrollo de Anecoop en el periodo que va desde 1990 a 2005. Habla por sí solo.

A fecha de hoy se siguen testando cada año más de 25 variedades nuevas o clásicas y el departamento ya ha superado con creces la cifra de más de 1.000 variedades diferentes de sandías.

Aunque en los primeros momentos Bouquet centró su trabajo en la exportación, el tiempo y otras empresas ayudaron a mirar al mercado español.

Siguiendo la estela de Bouquet aparecieron otras iniciativas centradas en sandías sin semillas, de forma individual o en grupo, pero basadas en conseguir un posicionamiento de marca y calidad que ya no tenía nada que ver con la antigua imagen clásica de la sandía. Fashion perteneciente a un grupo de empresas, Negra de Caparros, Reina de Casi y otras, contribuyeron a consolidar el avance de la sandía sin semillas, lo que provocó un gran incremento de la producción de sandías en general en España. A principios de los 80 la producción era de 500.000 Tm y en estos momentos es de 1.200.000 Tm. Este crecimiento se pudo consolidar porque la exportación pasó de 60.000 Tm en 1980 a 900.000 Tm en estos momentos.

Sin embargo, por otro lado, el consumo español se ha mantenido bastante constante, a pesar de la cantidad de novedades que han llenado las estanterías de las tiendas españolas en estos últimos años. Los españoles consumimos cerca de 8 Kilos de sandía al año y por consiguiente el mercado doméstico sigue siendo nuestro primer mercado y al que tenemos que mirar.

Tabla 2. Número de variedades de sandías ensayadas por Anecoop entre 1990 y 2005

NÚMERO VARIEDADES ENSAYADAS 1990-2005						
CLASIFICACIÓN POR EL COLOR DE LA PIEL, SEGÚN LA SEMILLA.						
	COLOR DE PIEL					
	NEGRA	CRIMSON	TIGRE	REINA	VERDE CLARO	Suma
TRIPLOIDES	58	124	164	133	42	521
DIPLOIDES	67	29	10	3	10	119
						640
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL COLOR DE LA CARNE						
CARNE ROJA	499					
CARNE AMARILLA	89					
CARNE NARANJA	52					
	640					
RESUMEN DE VARIEDADES ENSAYADAS.						
TOTAL	640					
MINI	27					
	VARIEDADES ENSAYADAS DE LAS ENSAYADAS, ESTAS SON MINI					

Para el líder siempre es difícil mantenerse en esa posición, porque la competencia que le sigue, le imita e incluso a veces lo puede hacer mejor y siempre le puede arrebatar parte del mercado. En otras ocasiones, por la misma estrategia de la Distribución que a veces no le gusta que existan líderes claros en productos concretos.

A lo largo de estos años Anecoop ha realizado muchas campañas de marketing, con el objetivo de seguir dando un buen resultado al productor e invierte en publicidad y comunicación una parte relevante de lo obtenido en el producto, con el fin de hacer visibles en el mercado los valores existentes en la marca Bouquet.

Y, como es normal, cuando alguien invierte, con el fomento del consumo también extiende el beneficio a los que no invierten, pero eso es inevitable y si nos paráramos por ese detalle no mejoraríamos el conocimiento que el consumidor alcanza de nuestros productos.

6. Situación actual de la sandía sin pepitas de Anecoop

En estos momentos el calendario de Anecoop se desarrolla desde finales de abril hasta finales de septiembre ya que las Cooperativas integradas en el proyecto son 18 en toda la península cubriendo las zonas de producción que vemos en el mapa y con una oferta de cuatro tipos de sandías como vemos en la imagen. Producción convencional y bio (Figura 5).

El calendario actual de las sandías de Anecoop ya no tiene nada que ver en el de los primeros años. Los primeros cinco años se caracterizaron por una estructura geográfica basada en un 80% de la producción entre Almería y Valencia y un 20% en Alicante, basado en el Campo de

3. Cultivos

Cartagena. Lo poco que Murcia hizo durante esos primeros años se cultivaba en el Campo de Cartagena.

En estos momentos, las 150.000 Tm producidas y comercializadas por Anecoop son geográficamente muy diferentes a aquellos primeros años. La provincia de Almería, tanto en su zona de invernaderos como en la zona de Pulpí y Palomares a campo abierto, y el Campo de Lorca en Murcia representan el 85% de la producción total, repartiéndose ese porcentaje en partes similares. La provincia de Valencia se ha quedado en una parte cercana al 10% sobre el total y entre la provincia de Castellón (Benicarló) y la de Ciudad Real han cubierto los finales de campaña.



Figura 5. Zonas de producción y gama de sandía sin pepitas de Anecoop

En 2022, se cumplen 30 años de historia desde aquellos primeros planes de comercialización de la Sandía Sin Pepitas Bouquet. Y ahí queda para la historia de la innovación, que en este caso particular supuso que una serie de personas, lideradas por José María Planells, supieran ver en un producto humilde en aquel momento, posibilidades de convertirlo en algo tan serio como lo que es hoy el mundo de las sandías.

Sirva la Figura 6 de homenaje a todos los que han participado y ya no están con nosotros y a los que están participando en estos momentos en la aventura de la Sandía Bouquet.

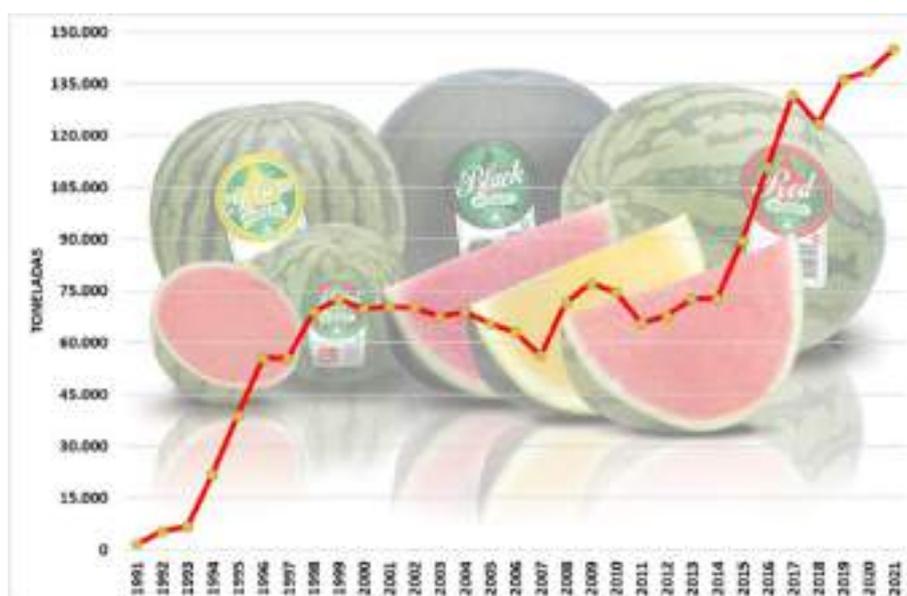


Figura 6. Evolución de las ventas de Sandía Sin Semillas Bouquet por Anecoop

Bibliografía

FAOSTAT. (2020). Datos sobre alimentación y agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/>
Acceso: 21 de septiembre de 2021

Trade Map (2020). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas.
<https://www.trademap.org/Index.aspx> Acceso: 21 de septiembre de 2021

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Gobierno de España. (2020). Datacomex:
Estadísticas de comercio exterior de bienes de España y la UE.
<https://datacomex.comercio.es/> Acceso: 21 de septiembre de 2021

UNITEC
We work for your results

MANDARIN VISION 3
Unitec Technology

Also for **ORANGES** **LEMONS**

UNICAL 600

Pon el futuro
del negocio de tus cítricos
en el camino hacia el éxito.

Las innovadoras tecnologías de UNITEC cuidan de tus cítricos y de tu negocio.

En UNITEC, estamos acostumbrados a ocuparnos de tu futuro, con soluciones de vanguardia, inteligentes y automáticas, para asegurar resultados importantes y concretos, a lo largo del tiempo.

Con las tecnologías de UNITEC tus cítricos tienen más valor.

Nada ha sido dejado al azar gracias a una eficaz y completa clasificación de las cualidades:
defectos externos de la piel, defectos de forma, detección de la densidad,
además del peso, del calibre óptico y del color.

Porque tu negocio requiere seguridad. Y un futuro luminoso.

Entra en el mundo UNITEC. Pondrás el futuro de tu negocio en el camino hacia el éxito.



ORANGE VISION 3
Unitec Technology

MANDARIN VISION 3
Unitec Technology

LEMON VISION 3
Unitec Technology



UNITEC
We work for your results



3.5. Los cítricos: evolución varietal y técnicas relevantes

Pablo Aleza Gil¹ y Vicente Tejedo Tormo^{2*}

* tejedo_vic@gva.es

¹Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

²Servicio de Transferencia de Tecnología (STT), Generalitat Valenciana

Índice

- 1 Origen, clasificación y distribución de las principales especies cultivadas de los cítricos
2. Importancia económica de los cítricos en España
3. Estructura y problemática varietal de la citricultura española
4. Variedades de cítricos cultivadas en España
 - 4.1. Variedades de Mandarino
 - 4.1.1. Variedades de Satsuma (*C. unshiu* Marc)
 - 4.1.2. Variedades de Clementina (*C. clementina* Hort ex Tan.)
 - 4.1.3. Variedades de híbridos de mandarino (2X)
 - 4.1.4. Nuevas variedades protegidas de mandarino
 - 4.2. Variedades de Naranja dulce (*C. sinensis*)
 - 4.2.1. Variedades tradicionales de Naranja dulce
 - 4.2.2. Nuevas variedades de Naranja dulce
 - 4.3. Variedades de Limón (*C. limon*)
 - 4.3.1. Nuevas variedades de Limonero
 - 4.4. Variedades de Pomelo (*C. paradisi*)
5. Patrones utilizados en España
6. Consecuencias de la aplicación de la técnica de microinjerto de ápices caulinares in vitro en la citricultura española
7. Técnicas para la obtención de nuevas variedades de mandarino sin semillas que se están utilizando en el IVIA

Resumen

La producción de cítricos en España ha ido aumentando en la última década hasta alcanzar los 6-7 millones de toneladas según campañas. De acuerdo con los últimos datos estadísticos del Ministerio (2019), la producción cítrica española ha sido de 6,2 millones de toneladas, siendo la Comunitat Valenciana con 3 millones la primera productora, seguida de Andalucía con 2,2 millones de toneladas y Murcia con algo más de 800.000 toneladas.

3. Cultivos

El mapa varietal se ha visto modificado de forma significativa en los últimos veinte años. A principios del siglo XXI en la Comunitat Valenciana, la producción citrícola se basaba fundamentalmente en tres variedades: Navelina y Washington Navel del grupo Navel (u Ombligo) de naranjo dulce (el porcentaje de Blancas y Valencias era significativamente menor a Navelina y W. Navel) y Clemenules en el grupo de los mandarinos (las variedades de recolección precoz de mandarino y los híbridos de mandarino representaban menor porcentaje de producción respecto de Clemenules). La producción citrícola en Andalucía se basaba prácticamente en naranjas del grupo Navel. La producción murciana se basaba en la producción de limones y naranjas.

La evolución varietal en Naranja dulce ha ido evolucionando de forma que la superficie que se dedicaba a Navelina y W. Navel se ha ido reconvirtiendo con variedades tardías del grupo Navel procedentes de Australia y variedades mejoradas del grupo Valencia. En el grupo Navel, la reconversión se inició con la variedad Lane Late y actualmente está siendo sustituida por variedades como Powell, Chislett y Barnfield, todas de origen australiano. En el grupo Valencia, la superficie cultivada de Delta Seedless, Barberina y Midnight va aumentando progresivamente. En la Comunitat Valenciana la distribución es actualmente del 37% Navelina, 37% naranjas de recolección tardía del grupo Navel y el 17% del tipo Valencia Late. En los últimos años se observa un interés creciente por las variedades del grupo Sangre debido a su alto contenido en antioxidantes como los antocianos. Sanguinelli y las Tarocco son variedades cada vez más demandadas y recientemente se ha registrado la variedad Violeta de los Valles.

En los mandarinos la evolución ha sido distinta. En comunidades autónomas como la andaluza y murciana, donde la superficie cultivada de mandarinos era testimonial, la introducción en los últimos años de híbridos e híbridos irradiados procedentes de otros países, ha provocado que la superficie de estas variedades (Nadorcott, Tango, Leanri, Orri) haya crecido significativamente. En la Comunitat Valenciana el mapa varietal ha evolucionado de forma distinta según las provincias. Mientras en Alicante, las variedades “de club” suponen ya el 39% de la producción de mandarino, en la provincia de Valencia es del 18% siendo todavía Clemenules el 20% de la producción total de mandarino en la provincia. En esta provincia, las variedades de satsumas y clementina de recolección precoz suponen el 36,6%. En la provincia de Castellón la evolución de las variedades en los últimos veinte años ha sido mínima. Castellón es una provincia en donde el 80% de la producción total de cítricos corresponde al grupo de mandarino y el 20% al de naranja dulce. La producción de Clemenules supone el 60% de la producción total de mandarino. En esta provincia, las nuevas variedades de “club” únicamente suponen el 7% de la producción.

En la década de los 70 del siglo pasado, en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) se puso a punto la técnica de microinjerto de ápices caulinares in vitro, que es eficaz para obtener plantas sin caracteres juveniles y libres de todos los patógenos que afectan a los cítricos. En este artículo se describen las consecuencias de la aplicación de esta metodología destacando su contribución en la estructura varietal de cítricos en España.

En los últimos veinticinco años, el IVIA, fruto de la investigación pública, ha realizado un importante esfuerzo en la obtención y desarrollo de variedades irradiadas e híbridos triploides de mandarino que ofrecen a los productores citrícolas la oportunidad de cultivar variedades de calidad en un mercado cada vez más exigente. Variedades comercializadas actualmente de mandarino obtenidas mediante irradiación son Neufina y Murina. Desde el IVIA se sigue

trabajando para ofrecer al sector nuevas variedades como por ejemplo el híbrido triploide IVIA TRI-707, de recolección precoz (octubre), obtenido a partir de una polinización abierta de Clemenules tetraploide. También está en estudio avanzado, el híbrido triploide Omet (IVIA TRI-7), de maduración tardía, y otras en proceso de registro. Además, se prevé que en un futuro próximo el IVIA libere al sector cítrícola nacional el híbrido triploide Alborea que puede ser recolectado entre diciembre y enero. Estas variedades pueden contribuir en el diseño de un nuevo panorama varietal de la citricultura española ya que evitan el problema de la polinización cruzada, son respetuosas con la presencia de abejas en las plantaciones, pueden reducir la presión comercial de Clemenules y promover un cultivo más sostenible.

1. Origen, clasificación y distribución de las principales especies cultivadas de los cítricos

El origen de los cítricos se localiza en Asia oriental, en la zona que abarca desde la vertiente meridional del Himalaya hasta China meridional, Indochina, Tailandia, Malasia e Indonesia (Agustí *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2018) (Figura 1). Actualmente su cultivo se extiende por la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales comprendidas entre los paralelos 44°N y 41°S.

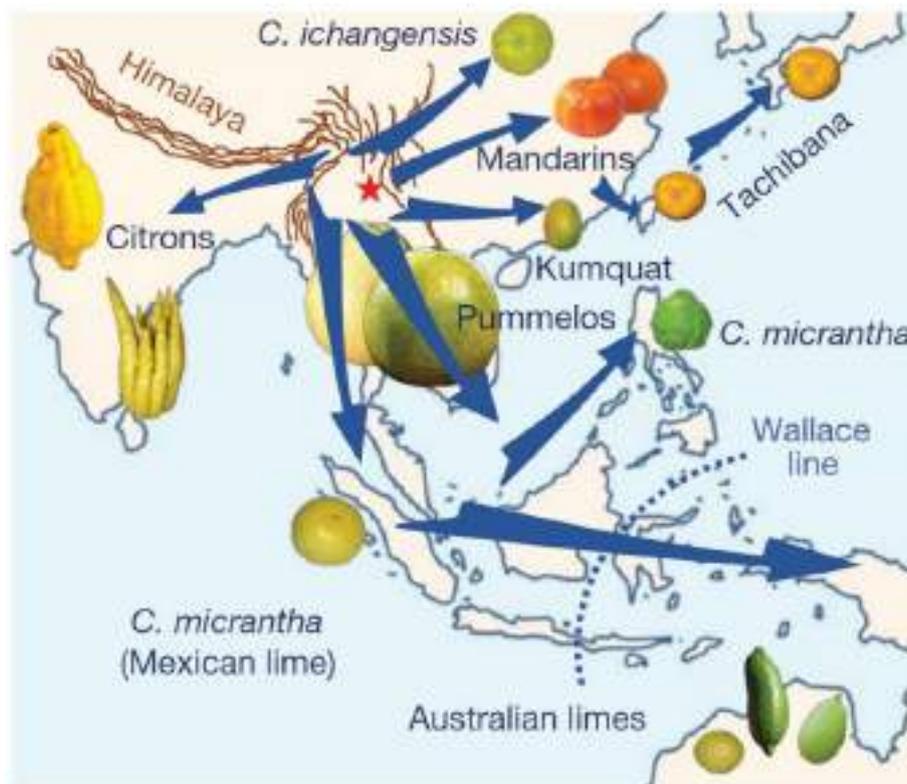


Figura 1. Origen de los cítricos

Fuente: Wu *et al.* (2018)

El género *Citrus*, cuyo término común es cítrico, designa las especies de grandes arbustos y árboles perennes de la familia de las Rutáceas cuyos frutos poseen un alto contenido en vitamina C y ácido cítrico, el cual les proporciona el sabor ácido característico. El fruto es un hesperidio, típico del género.

3. Cultivos

Las plantaciones comerciales de cítricos se obtienen injertando las variedades comerciales deseadas sobre patrones seleccionados por su resistencia o tolerancia a estreses bióticos y abióticos según las características edafológicas de la zona de cultivo.

Las especies del género *Citrus* tienen una gran facilidad de hibridación por lo que tradicionalmente ha habido mucha confusión en la clasificación taxonómica de estas.

Estudios realizados mediante taxonomía numérica (Scora, 1975; Barrett y Rhodes, 1976; Mabberley, 1997) y con marcadores moleculares (Asins *et al.*, 1996; Federici *et al.*, 1998; Luro *et al.*, 2001; Nicolosi *et al.*, 2000) sugieren que los cítricos actuales se originaron a partir de tres especies ancestrales; cidro (*Citrus medica* L.), mandarino (*C. reticulata* Blanco) y zamboa (*C. grandis* (L.) Osb., también denominado en la literatura inglesa como pummelo o shaddock (Figura 2). Estudios más recientes corroboran esta teoría e indican que los cítricos actuales se originaron a partir de estas tres especies ancestrales y añaden una más, el *C. micrantha* Wester (Ollitrault *et al.*, 2012; Garcia-Lor *et al.*, 2012, 2013; Wu *et al.*, 2014; 2018). Durante la evolución y a partir de sucesivas hibridaciones entre estas cuatro especies ancestrales se originaron las actuales especies secundarias de los cítricos, limas (*C. aurantifolia* (Christm.) Swing), limones (*C. limon* (L.) Burn. f.), naranjos amargos (*C. aurantium* L.) y dulces (*C. sinensis* (L.) Osb.) y pomelos (*C. paradisi* Macf.) así como otras variedades de mandarino (satsumas y clementinas, por ejemplo) e híbridos de mandarinos con gran importancia económica como los tangors (naranja dulce x mandarino) y los tangelos (mandarino x pomelo). La mayoría de las especies secundarias proceden de un único híbrido original, que se ha perpetuado mediante propagación vegetativa y apomixis.

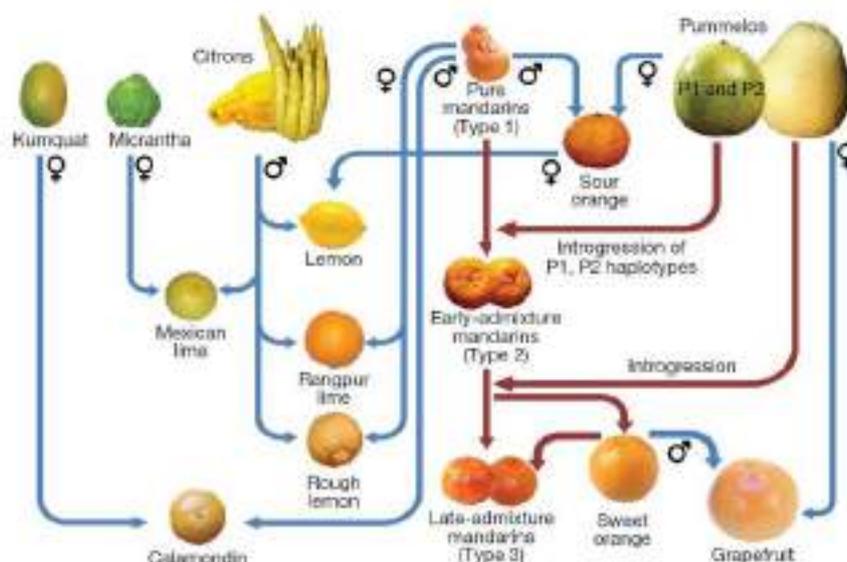


Figura 2. Origen de los cítricos

Fuente: Wu *et al.* (2018)

El cidro es el primer cítrico del que se tienen noticias en España en el siglo VII, aunque puede que fuera conocido con anterioridad dadas las relaciones que se mantenían con Italia, donde el cidro era conocido varios siglos antes (Agustí, 2000). En cualquier caso, lo más probable es que fuera introducido a través de Italia y cultivado en algunas regiones del litoral mediterráneo español (Zaragoza, 2007). El cidro no tiene ningún interés comercial en nuestra citricultura.

Los comerciantes árabes instalados en la India llevaron, en el siglo X, el naranjo amargo hasta Omán, desde donde se difundió a Irak, Siria, Palestina y Egipto y más tarde, a través del norte de África, lo introdujeron en España, Sicilia y Cerdeña, hacia los siglos X y XI. No se sabe con certeza la época de la introducción del naranjo amargo en España (Zaragoza, 2007). El limonero se supone que llegó a España al mismo tiempo o poco después que el naranjo amargo. El geógrafo toledano Ibn Bassal (1048-1075) cita por primera vez al limonero, junto al cidro y el naranjo amargo, en su Libro de Agricultura. En una obra posterior del siglo XII, se contempla claramente que tanto el cidro, el naranjo amargo y el limonero ya eran cultivados en la región de Sevilla.

El naranjo dulce se conoció en Europa unos cuatro siglos más tarde que el naranjo amargo (Zaragoza, 2007). Del naranjo dulce no hay citas anteriores al siglo XVI, aunque existen razones para creer que fue introducido a mediados del siglo XV por los genoveses a través de sus rutas comerciales con Oriente. No obstante, fueron los portugueses los que contribuyeron a su difusión en la península Ibérica, al importar de China semillas de variedades de naranja con frutos de sabor más agradable que los del naranjo amargo. De Portugal pasarían a España y posteriormente a Italia (Zaragoza, 2007).

Los mandarinos se conocen en el sureste de China desde tiempo inmemorial, aunque no llegaron a Europa hasta épocas relativamente recientes (Zaragoza, 2007). Uno de los primeros en conocerse fue el mandarino 'King', de clima tropical, que pudo llegar a España a principios del siglo XIX, pero no tuvo aceptación ya que no se adaptó a las condiciones ambientales del mediterráneo (Zaragoza, 2007).

El mandarino 'Común' era conocido en Europa desde hace más de dos siglos, cuando en 1805, Sir Abraham Hume lo introdujo en Inglaterra procedente de Cantón, China, y posteriormente se llevó al continente hacia 1828. En España, en 1845, el Conde de Ripalda consideró que el cultivo de este mandarino podía ser muy interesante para su explotación a nivel comercial y fue Juan Polo de Bernabé, miembro de la Comisión de Agricultura de la Real Sociedad Económica de Amigos del País Valencia, quien entre 1845 y 1856, estableció las primeras plantaciones comerciales de mandarino 'Común' en la provincia de Castellón (V. Abad, 1984). La importancia comercial de este mandarino en aquella época fue enorme ya que el fruto presentaba unas características superiores a los cítricos conocidos en aquel momento como su fácil pelado, buenas propiedades organolépticas y por el inconfundible e intenso aroma de los aceites esenciales (Zaragoza, 2007).

La primera plantación comercial de pomelo de la que hay constancia se hizo en Carcaixent (Valencia) en el huerto de Santa Amelia, en 1929, de la variedad Marsh (Herrero, 1929). Tres años antes, se importó de El Cabo (Sudáfrica) la variedad Walter, de Florida las variedades Triumph, Duncan y McCarty y de California la Marsh Seedless (Herrero, 1973), aunque sólo se difundió comercialmente esta última.

2. Importancia económica de los cítricos en España

De acuerdo con los datos del Ministerio de Agricultura, año 2019 (MAPA, 2021), en España se cultivan 296.477 ha, de las que 269.594 ha están en producción. Con una producción total de

3. Cultivos

6.257.696 t. La Comunidad Valenciana con una producción de 3.067.517 t es la primera productora de cítricos a nivel nacional, seguida de Andalucía con 2.189.665 t y Murcia con 816.955 t.

La distribución de superficie y producción según los diferentes grupos comerciales es: Naranja dulce: 139.971 ha (131.085 ha en producción) y 3.342.540 t de producción. Mandarino: 105.583 ha (94.856 ha en producción) y 1.893.951 t de producción. Limonero: 46.684 ha (40.959 ha en producción) y 938.420 t de producción. Pomelo: 2.434 ha (2.230 ha en producción) y 71.217 t de producción. Limas y otros cítricos: 1.462 ha (176 ha en producción) y 3.828 t de producción. Naranja amarga: 343 ha (288 ha en producción) y 7.740 t de producción.

Los rendimientos medios en España son: Naranja dulce: 25,5 t/ha. Mandarino: 27,8 t/ha. Limonero: 22,7 t/ha. Pomelo: 31,9 t/ha. Lima y otros cítricos: 17,1 t/ha, con un rendimiento promedio a nivel nacional de 23,2 t/ha.

La citricultura española ha conseguido duplicar la producción y la exportación en poco más de 30 años. Este éxito se debe en gran medida, además del sistema comercial y privilegiada situación geográfica, a su constante renovación varietal y sanidad del material vegetal. Sin embargo, durante los últimos años la competencia en los mercados internacionales está aumentando como consecuencia de la mejora de calidad en la producción de países terceros, la mayor eficacia y rapidez de los medios de transporte marítimo. También la producción de los países del hemisferio Sur altera comercialmente los conceptos de variedades tempranas y tardías, poniendo a disposición del consumidor frutos cítricos desde la parte final de nuestra campaña de producción hasta la parte inicial de la siguiente, con un creciente solapamiento entre ambas. A ello hay que añadir nuestros elevados costes de producción, sobre todo de mano de obra, en relación con los países competidores y la concentración de la demanda en grandes empresas de distribución que disminuyen los precios para el consumidor, repercutiendo directamente en menores precios para el agricultor. Además, durante los últimos años se ha originado en la UE una disminución muy importante del consumo en fresco de cítricos por la competencia con otros frutos y la gran oferta de productos lácteos preparados. Estos factores obligan a reconsiderar muchos de los planteamientos productivos del cultivo para mantener de forma técnica, medio ambiental y socialmente sostenible el liderazgo de España a nivel mundial en la producción y exportación de cítricos para consumo en fresco.

3. Estructura y problemática varietal de la citricultura española

En España (MAPA, 2021) las variedades de naranja dulce se agrupan fundamentalmente en tres grupos: Navel (72,48%), destacando las variedades Navelina-Newhall, Fukumoto, Lane Late, Washington Navel, Powell y Chislett, el grupo de Blancas y Valencias (26,6%) cuyas variedades más importantes son Salustiana y Barberina y las Valencias Late, Delta y Midnight, y el grupo de Sanguinas (0,9%). El interés por las variedades de este último grupo ha aumentado en los últimos años y se están introduciendo desde Italia diferentes naranjas del tipo Tarocco. Actualmente con estas variedades la estructura varietal de naranja dulce está bien resuelta en España y ha hecho posible ofrecer a los mercados nacionales e internacionales naranjas de excelente calidad y sin semillas desde noviembre hasta junio.

Prácticamente la totalidad de limón que se produce en España pertenece a las variedades autóctonas Fino (73%) y Verna (25,5%). El interés por nuevas variedades de limonero se ha acentuado en los últimos años, buscando fundamentalmente clones de Fino de maduración tardía, elevada producción y sin semillas. Últimamente se están iniciando plantaciones significativas de limas, fundamentalmente de la variedad triploide sin semillas Tahití o Bears (0,06% de la producción de cítricos).

Los pomelos tienen un impacto muy pequeño en nuestra citricultura (1% de la producción) y la obtención de nuevas variedades no es una prioridad para nuestra citricultura.

Respecto a los mandarinos, en España se distinguen tres grandes grupos: satsumas (7,8%), clementinas (52,2%) e híbridos tipo mandarino (39.9%). Las satsumas se recolectan desde principios de septiembre hasta finales de diciembre, produciendo frutos sin semillas, ya que su polen y óvulos presentan baja viabilidad. Las clementinas son las variedades más representativas de la citricultura española por su calidad y aceptación por el consumidor. Se recolectan de septiembre a enero y son partenocárpicas y autoincompatibles, por lo que la fruta no tiene semillas si se cultivan aisladas de otras variedades. No obstante, su polen y óvulos son viables y pueden producir semillas por polinización cruzada. Los híbridos tipo mandarino, fundamentalmente Nova, Kara, Fortune, Ortanique, Ellendale y Murcott se introdujeron en la citricultura española por la importante demanda de mandarinas tardías de los mercados internacionales, prolongando la recolección hasta mayo. Estas variedades tuvieron inicialmente una gran aceptación, siendo rentables para los agricultores; sin embargo, permiten la polinización cruzada con las clementinas, lo que provoca la aparición de semillas en ambos grupos y produce un importante problema comercial, ya que los consumidores no aceptan las mandarinas con semillas. Además, Fortune, Nova y Murcott son susceptibles a la enfermedad de la mancha marrón causada por el hongo *Alternaria alternata*, que deprecia comercialmente la fruta para su consumo en fresco, y reduce notablemente la producción. Este hongo ha provocado el arranque o sobreinjerto de los árboles de estas variedades susceptibles, particularmente de Fortune. Como consecuencia, durante las últimas décadas hubo una disminución de plantaciones de mandarinos de maduración tardía y un incremento de plantaciones de clementina, fundamentalmente Clemenules, creando un desequilibrio entre la producción y la demanda del mercado, lo que ocasiona una reducción drástica del precio pagado a los agricultores que en muchos casos ni siquiera pueden vender su producción. Recientemente, debido a la excesiva producción de clementina, muchos agricultores han decidido cultivar nuevas variedades tardías, destacando significativamente Nadorcott, Tango y Orri.

Además de estas tres variedades, se han introducido y se están introduciendo en nuestra citricultura, un elevado número de variedades obtenidas por centros de investigación, empresas o particulares de otros países. Estas variedades están gestionadas por empresas españolas, con alguna excepción, pero los propietarios de las variedades suelen marcar las condiciones de propagación en España, que en algunos casos son muy difíciles de cumplir por los pequeños agricultores. Entre 1997 y 2017, se ha solicitado la protección de 147 variedades de cítricos, mayoritariamente gestionadas por empresas. Esto supone que las tendencias de las producciones de cítricos las marquen las variedades obtenidas en otros países originando una dependencia externa para la citricultura española. Muchas de estas empresas limitan el número

de plantas cultivables con el objetivo de ajustar la oferta a la demanda, imponiendo en muchos casos condiciones técnicas de cultivo y tamaños mínimos de las parcelas. Esto implica que la producción de las nuevas variedades esté gestionada por una agrupación de interés económico, con escaso o limitado acceso para los pequeños productores y a precios muy elevados. Por estos motivos es necesario para la citricultura española el disponer de variedades propias obtenidas por los centros de investigación públicos que estén disponibles para todos los agricultores y a precios razonables.

4. Variedades de cítricos cultivadas en España

La descripción de las características de las variedades incluidas en este trabajo se ha obtenido a partir de datos propios y de la página web del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) (<http://ivia.gva.es/es/variedades>).

4.1. Variedades de mandarino

4.1.1. Variedades de satsuma (*C. unshiu* Marc)

Okitsu

Se originó en Japón en 1940 a partir de una selección nucelar de Miyagawa Wase y se introdujo en España en 1983 (Figura 3). El árbol es de vigor medio a poco vigoroso. En la madera esporádicamente aparece alguna espina. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible, productiva, de corteza más lisa que otras satsumas, aunque el fruto es sensible al bufado (puffing) y al planchado por golpe de sol (peel pitting). Puede necesitar aclareo de frutos para mejorar el tamaño. Su recolección puede iniciarse a finales de septiembre en las zonas más precoces.

Iwasaki

Mutación de satsuma Okitsu originada en Japón en 1978 (Figura 4). El árbol es muy poco vigoroso y sin espinas. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Variedad muy precoz, muy sensible al bufado (puffing) del fruto tras la maduración y el fruto puede manifestar síntomas de planchado por golpe de sol (peel pitting). Es habitual el aclareo de frutos para aumentar el tamaño. Es conveniente injertar sobre un patrón muy vigoroso dado su escaso vigor.

Owari

De origen desconocido, se cultiva en Japón desde hace mucho tiempo (Figura 5). El árbol es vigoroso, hábito de crecimiento abierto y aspecto llorón, madera sin espinas. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad productiva, sensible al bufado, no requiere tratamientos para favorecer el cuajado. La entrada en producción es temprana. Puede funcionar en localizaciones frías, pues al igual que otras satsumas la floración es tardía y puede recolectarse desde mediados de octubre hasta finales de diciembre. Fruto muy sensible al bufado (puffing) cuando madura, incluso llegan a separarse los carpelos del albedo (sonajero). El desarrollo de las satsumas sobre Citrange y Citrumelo es medio. Su cultivo para consumo en fresco es testimonial.

Clausellina

Mutación de satsuma Owari originada en Almassora (Castellón) en 1962 por Francisco Llatser (Figura 6). El árbol es poco vigoroso, hábito de crecimiento abierto y follaje denso, ramas sin espinas. Hojas de color verde opaco, con poco brillo. Fruto similar a Owari, precisa de aclareo de frutos para que sea comercial. Variedad de floración tardía. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad de recolección precoz (mediados de septiembre finales de octubre) aunque se debe recolectar pronto ya que de lo contrario aparece el bufado (puffing). Sensible también al golpe de sol (peel pitting). Variedad muy productiva que no requiere de tratamiento de cuajado.

4.1.2. Variedades de Clementina (*C. clementina* Hort ex Tan.)

En la Figura 7, se resume el origen de las distintas variedades de Clementinas a partir de la Clementina Fina).

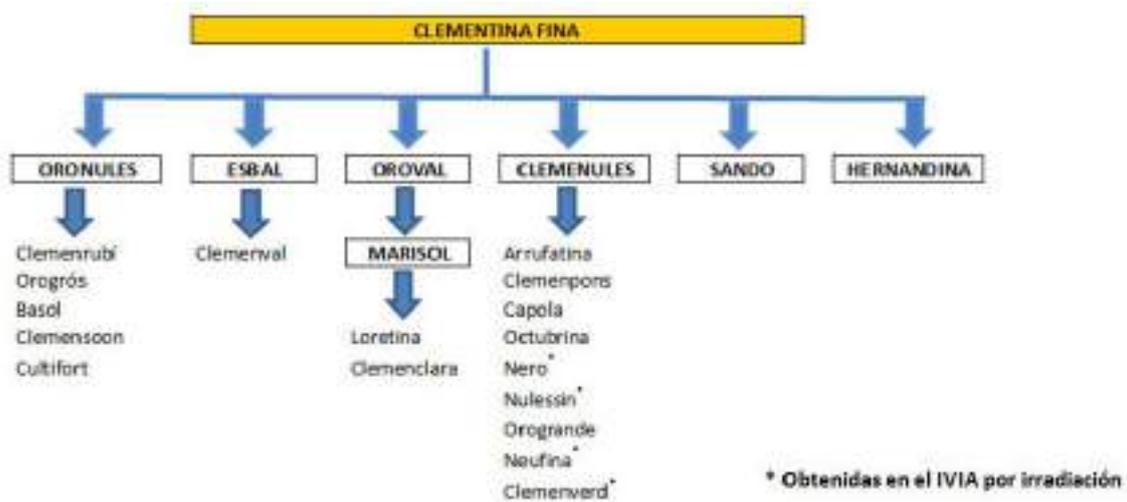


Figura 7. Origen de las variedades de Clementinas

Clementina Fina

La clementina Fina se identificó hace más de un siglo, en 1902, a partir de un chace seedling de mandarino 'Común' realizado por el padre Clement Rodier en el jardín del orfanato de los padres de Saint-Esprit en la ciudad de Misserghin cerca de Omán, Argelia (Hodgson, 1967). La clementina Fina fue la primera clementina introducida en España y hasta la actualidad se han seleccionado multitud de mutaciones que han dado origen a la mayoría de las clementinas que se cultivan en nuestros días. Es un árbol vigoroso, sin espinas, hojas lanceoladas de pequeño tamaño. El polen presenta alto poder germinativo. Es partenocárpica y autoincompatible. En general fruto de pequeño tamaño, de pulpa tierna y fundente, elevado contenido en zumo compensado entre sólidos solubles y acidez total, lo que le confiere una excelente calidad organoléptica (Figura 8). Color naranja intenso muy atractivo, si bien precisa de aclareos y tratamientos para aumentar el cuajado y el tamaño final de los frutos. Es sensible al bufado (puffing) y "pixat" (water spot)

3. Cultivos

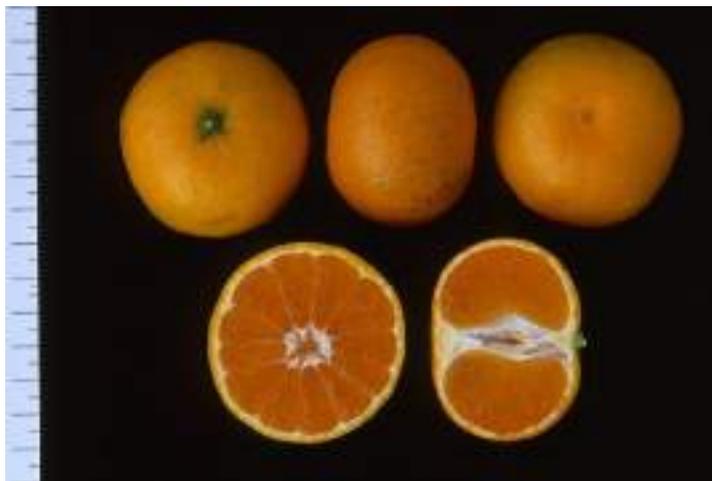


Figura 3. Satsuma Okitsu. *Fuente: IVIA*



Figura 4. Satsuma Iwakasi. *Fuente: AVASA*



Figura 5. Satsuma Owari. *Fuente: J. Soler*



Figura 6. Satsuma Clausellina. *Fuente: J. Soler*

Oronules

Mutación espontánea de clementina Fina originada en Nules (Castellón) en 1970. Árbol de vigor moderado y crecimiento lento, sin agallas multiyema ni espinas y con las hojas lanceoladas, pequeñas, de color verde oscuro, coriáceas y con tendencia a curvarse hacia el envés. Variedad de recolección precoz. El polen posee alto poder germinativo. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

El fruto es de calibre pequeño, parecido a la Clementina Fina, de color naranja rojizo, atractivo, aunque sensible al bufado (puffing) y al golpe de sol (sunburn) (Figura 9). La producción tiene tendencia a ser alternante. Suele precisar de tratamientos para incrementar el tamaño final del fruto. La poda será ligera y temprana, favoreciendo las faldas del árbol.

Esbal

Mutación espontánea de Clementina Fina originada en Sagunto (Valencia) en 1966. El árbol es de aspecto globoso, vigor medio y no presenta espinas. La viabilidad del polen es alta. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Fruto de pequeño tamaño, de color naranja rojizo intenso muy parecido a Clementina Fina, el pequeño calibre dificulta su comercialización (Figura 10). Es sensible al bufado (puffing) y muy sensible al "pixat" (water spot). Madura un poco antes que la Clementina Fina. Es una variedad poco cultivada.

Oroval

Mutación espontánea de Clementina Fina originada en Quart de les Valls (Valencia) en 1950. El árbol es vigoroso, tendencia a la verticalidad, con alguna espina en las ramas y la madera es frágil. Hoja de color verde oscuro. La viabilidad del polen es alta. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Fruto de tamaño medio a grande, la corteza presenta glándulas de aceites esenciales prominentes, el zumo es ligeramente ácido (Figura 11).

Variedad productiva, tuvo su interés al ser algo más precoz que Clemenules. La calidad del fruto es menor que Clemenules y es muy sensible al bufado (puffing) y "pixat. Hoy, prácticamente no se cultiva.

Marisol

Mutación espontánea de Oroval, originada en Betxí (Castellón) en 1970. Árbol de vigor medio, porte erecto, aunque menos que Oroval, con alguna espina en las ramas, la madera es más frágil que la de otras clementinas. Puede presentar alguna agalla multiyema. El polen posee una viabilidad media. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad de recolección precoz (octubre), muy productiva, precisa de aclareo para aumentar el tamaño de la fruta y en la que los niveles de azúcar suelen ser relativamente bajos (Figura 12). Fruto sensible al bufado (puffing) y al ataque de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* Wied). Debido a la presencia de agallas multiyema, al reinjertar sobre esta variedad, el desarrollo de la nueva variedad suele ser escaso. La superficie cultivada ha descendido de forma importante siendo sustituida por otras variedades precoces de mayor calidad.

Loretina

Mutación espontánea de Marisol, originada en Tormos (Alicante) en 1992 (Figura 13). Árbol de vigor medio, hábito de crecimiento ligeramente erecto, madera con alguna espina y frágil. El polen posee una viabilidad media. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad precoz, presenta abundantes agallas multiyema y por ello deberá injertarse sobre patrones muy vigorosos. La variedad es poco sensible al bufado, pero precisa de aclareo para aumentar el tamaño del fruto. La calidad es similar a Marisol. Su cultivo es ocasional.

Clemenules

Mutación espontánea de Clementina Fina, originada en Nules (Castellón) en 1953. El árbol es vigoroso, ramas sin espinas y tendencia de crecimiento horizontal. La floración se presenta escalonada en el tiempo, suele tener dos floraciones en primavera, si bien la primera es la que da frutos de mayor calidad. El polen posee alto poder germinativo. Es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad productiva, fruto de buen calibre y color naranja intenso (Índice de Color ICC=18), si bien en zonas cálidas, la floración puede ser deficiente (Figura 14). Cuando la recolección se retrasa más de lo normal, puede inducir vecería en la producción. Fruto sensible al bufado (puffing) y "pixat" (water spot). En ocasiones y cuando el fruto está muy maduro aparece la "Clareta" (Creasing). Actualmente es la variedad de clementina más cultivada en España.

Arrufatina

Mutación espontánea de Clemenules originada en Vila-Real (Castellón) en 1968. De recolección precoz (octubre-noviembre). El árbol presenta un buen vigor y desarrollo, parecido a Clemenules, hábito de crecimiento abierto, con alguna espina y agallas multiyema. La floración puede presentarse escalonada en el tiempo. Floración escasa los años de inviernos suaves. La viabilidad del polen es media. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Fruto de buen calibre y color naranja algo más pálido que otras clementinas (ICC=16) (Figura 15). El porcentaje de zumo es menor y puede presentar problemas por granulación. La variedad necesita mayor número de horas frío que otras clementinas para una adecuada floración. Al reinjertar sobre esta variedad, el desarrollo de la nueva puede ser escaso. Es sensible a problemas de compactación del suelo y asfixia radicular, lo cual produce acorchamiento del nervio central de la hoja. Sensible a bufado (puffing) y poco a "pixat" (water spot).

Hernandina

Mutación espontánea de Clementina Fina originada en Picassent (Valencia) en 1966. El árbol es vigoroso, hábito de crecimiento abierto y tendencia a la verticalidad, follaje muy denso. Madera de color oscuro, frágil y sin espinas. Hojas de color verde oscuro. La viabilidad del polen es alta. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Variedad con tendencia a la alternancia de cosechas. Fruto muy parecido al de Clementina Fina aunque de recolección tardía (enero-febrero), el viraje del color del fruto se produce tarde, lo que permite que la corteza se mantenga más tiempo en buenas condiciones, si bien el porcentaje de zumo y la acidez, se pierden rápidamente al final del periodo de recolección (Figura 16). Requiere de tratamientos para incrementar el cuajado de frutos y el tamaño final de los mismos.



Figura 8. Clementina Fina

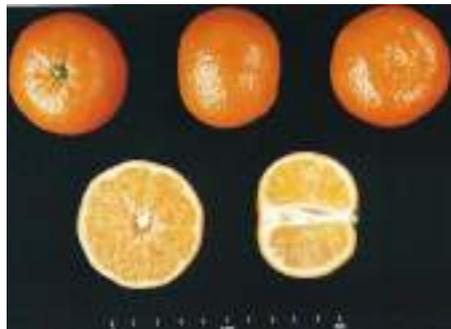


Figura 9. Clementina Oronules. *Fuente: J. Soler*



Figura 10. Clementina Esbal. *Fuente: IVIA*

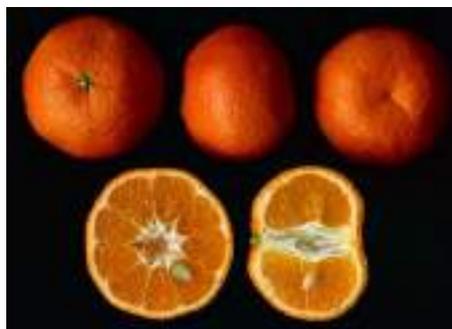


Figura 11. Clementina Oroval. *Fuente: IVIA*



Figura 12. Clementina Marisol. *Fuente: J. Soler*

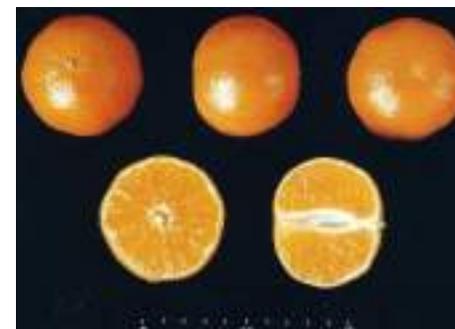


Figura 13. Clementina Loretina. *Fuente: J. Soler*



Figura 14. Clementina Clemenules



Figura 15. Clementina Arrufatina. *Fuente: IVIA*



Figura 16. Clementina Hernandina

4.1.3. Variedades de híbridos de mandarina (2X)

Fortune

Híbrido de clementina y posiblemente tangelo Orlando (Barry *et al.*, 2015) obtenido en California en 1964. El árbol es vigoroso, hábito de crecimiento abierto y follaje denso, madera con espinas en las ramas vigorosas. Hojas de forma acucharada, de color más claro en el envés, anchas y ligeramente coriáceas. Tendencia a florecer profusamente, lo que puede dificultar el cuajado de frutos. La viabilidad del polen es muy alta. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Cuando por polinización cruzada aparecen semillas, estas son monoembrionicas.

Variedad productiva, fruto de color naranja intenso, corteza fina y adherida, contenido en zumo, sólidos solubles y acidez elevados que le confieren excelentes características organolépticas (figura 17). El fruto es sensible al rajado (splitting) y la corteza presenta tendencia al picado (peel pitting) con temperaturas bajas, tanto en campo como en almacén. Cuando el fruto está sobremaduro aparece clareta (Creasing). Muy sensible a *Alternaria*, lo que limita su cultivo.

Kara

Se originó por hibridación de satsuma Owari y mandarina King en California en 1915. Se introdujo en España en 1930. Árbol vigoroso, de crecimiento abierto y aspecto llorón. Fruto de buen calibre, color naranja intenso y elevado contenido en zumo ácido (Figura 18). Las hojas son lanceoladas, grandes y de color verde glauco parecido a una satsuma. Las ramas no presentan espinas. Cuando hay polinización cruzada, las semillas son poliembriónicas. Corteza rugosa y sensible al bufado (puffing) y clareta (Creasing). Variedad de recolección tardía (a partir de marzo), con tendencia a la vecería. Actualmente su cultivo es testimonial.

Murcott

Híbrido obtenido en EEUU de parentales desconocidos, posiblemente resultado del cruzamiento de una naranja con una mandarina e iniciándose su multiplicación en 1922. El árbol es vigoroso, ramas con espinas pequeñas, tendencia a ramificar mucho. La viabilidad del polen es media, pudiendo polinizar otras variedades.

Variedad con semillas en la que ella misma se autopoliniza, es sensible al rajado del fruto (splitting) al final del verano y al hongo *Alternaria* (similar a Nova) (Figura 19). Requiere manejo cuidadoso tras la recolección, para evitar que se reseque la corteza. Se debe injertar sobre patrón vigoroso o madera intermedia de variedad vigorosa. La variedad presenta alternancia en las cosechas.

Nova

Híbrido de Clementina Fina y tangelo Orlando obtenido en Florida en 1942. El árbol es vigoroso, hábito de crecimiento abierto, porte mediano y madera sin espinas. Hojas grandes, lanceoladas con tendencia a plegarse por el haz. La viabilidad del polen es alta y poliniza a otras variedades. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Cuando aparecen semillas en el fruto, son poliembriónicas. Fruto de color naranja rojizo intenso, muy atractivo (ICC=22), corteza fina, compacta y adherida que dificulta el pelado, elevado contenido en zumo (Figura 20).

La variedad es sensible al rajado de frutos (splitting) al final del verano, al “Clavillet” (agrietamiento de la corteza en la zona peduncular) y a *Alternaria*. Los frutos se desprenden del árbol con temperaturas bajas, especialmente sobre el patrón Citrange Carrizo.

Ortanique

Híbrido de parentales desconocidos originado en Jamaica, se le conoce también con el nombre de “Topaz”. Árbol vigoroso, con hábito de crecimiento abierto y aspecto redondeado, muy frondoso y con tendencia a la seca de ramas interiores. Madera con espinas pequeñas en las ramas de fructificación. La viabilidad del polen es alta. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Cuando el fruto presenta semillas, son poliembriónicas.

Variedad productiva, aunque puede requerir tratamientos para favorecer el cuajado. El fruto es de tamaño grande, de color naranja intenso, ligeramente achatado en la región estilar y con areola, posee niveles altos de acidez, es de difícil pelado y sensible al rajado (splitting) en invierno si la corteza es demasiado fina (Figura 21). Es la variedad más tardía en cuanto a su recolección, pudiéndose recolectar a partir del mes de marzo. Los frutos pueden desprenderse del árbol con las bajas temperaturas, especialmente sobre los patrones Citrange.

Primosole

Variedad originada en la Universidad de Catania (Italia) en 1980. Híbrido entre satsuma Miho y mandarino Carvalhais. Árbol con buen vigor y hábito de crecimiento abierto. La madera no presenta espinas. Hojas grandes, lanceoladas y con cierta tendencia a plegarse por el haz. Fruto de tamaño grande, de forma achatada y color naranja (ICC=16) (Figura 22). Se pela con facilidad, la pulpa es tierna y fundente, el sabor recuerda a una mezcla entre satsuma y mandarina. Es autoincompatible, si por polinización cruzada aparecen semillas, éstas son poliembriónicas.

Variedad muy productiva y de recolección precoz (mediados de octubre), sensible a *Ceratitis capitata* y *Alternaria*.

Mandarino común (*C. deliciosa* Ten.)

El árbol es vigoroso y con buen desarrollo, hoja lanceolada, pequeña y de color verde galuco. Es alternante (vecero). Al triturar las hojas desprenden un aroma característico. La flor es pequeña con anteras de color amarillo y polen viable. El fruto es pequeño los años de abundante cosecha, de color naranja claro y buenas condiciones organolépticas, muy aromático y con muchas semillas poliembriónicas (Figura 23).

La recolección puede efectuarse a partir de diciembre, no siendo conveniente que los frutos permanezcan mucho tiempo en el árbol pues pierden rápidamente calidad.

El elevado número de semillas y la alternancia de cosechas han provocado que su cultivo sea residual.

3. Cultivos



Figura 17. Mandarino híbrido Fortune



Figura 18. Mandarino híbrido Kara

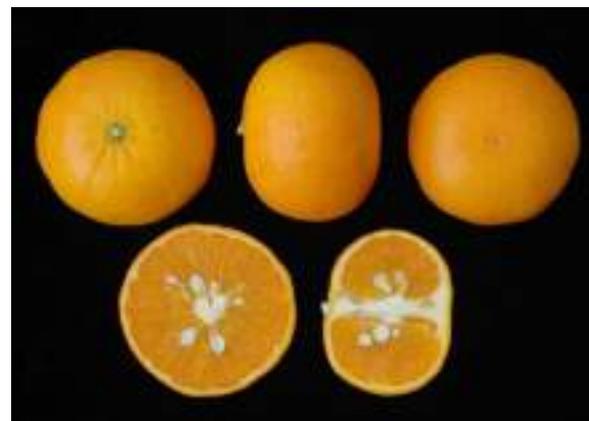


Figura 19. Mandarino híbrido Murcott. *Fuente: IVIA*



Figura 20. Mandarino híbrido Nova



Figura 21. Mandarino híbrido Ortanique

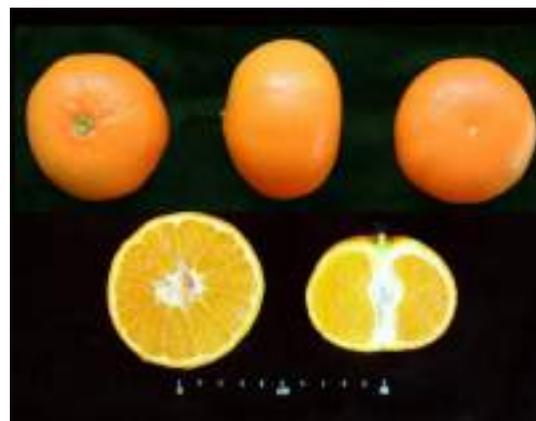


Figura 22. Mandarino híbrido Primosole. *Fuente: IVIA*



Figura 23. Mandarino común

4.1.4. Nuevas variedades protegidas de mandarino

MUTACIONES DE SATSUMA (2x)

Serafines

Mutación espontánea de satsuma Owari originada en Picanya (Valencia). El árbol es poco vigoroso, de porte abierto y sin espinas. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad de satsuma de recolección tardía al presentar un bufado del fruto mucho menor que otras satsumas y mantener una ligera acidez del zumo mejor que otras satsumas. El fruto es de tamaño medio y mantiene en el periodo comercial una ligera tonalidad verdosa (Figura 24).



Figura 24. Satsuma Serafines

MUTACIONES DE CLEMENTINA (2X)

Orogrós

Mutación espontánea de Oronules originada en La Vall d'Uixó (Castellón) en 1996. El árbol tiene muy poco vigor, aunque algo más que otras mutaciones de Oronules, ramas sin espinas y con las hojas estrechas, pequeñas y coriáceas, con tendencia a curvarse hacia el envés. Presenta abundantes agallas multiyemas. Flores con anteras de color amarillo y abundante polen viable. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Fruto de buen calibre y color naranja-rojizo intenso, se pela con facilidad. Variedad productiva y de recolección muy precoz (finales de septiembre a principios de octubre) (Figura 25).

Deberá injertarse sobre patrones muy vigorosos o bien, si se va a reinjertar una plantación, los árboles deben presentar maderas intermedias vigorosas. Deberá mantenerse el tronco protegido de la luz solar, a fin de minimizar el desarrollo de las agallas multiyemas. El fruto es sensible al bufado (puffing) y al picado por golpe de sol (peel pitting), para evitar el picado se hacen tratamientos foliares con caolín, generalmente dos, en julio y en agosto.

Clemenrubí

3. Cultivos

Mutación espontánea de Oronules originada en Loriguilla (Valencia) (Figura 26). El árbol es muy poco vigoroso, ramas sin espinas, de hoja estrecha, lanceolada y coriácea con tendencia a curvarse hacia el envés. Presenta abundantes agallas multiyemas. Flor con polen amarillo y viable. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad de recolección muy precoz, antes que Orogrós. Deberá injertarse sobre patrones muy vigorosos o bien, si se va a reinjertar una plantación, los árboles deben tener maderas intermedias de variedades vigorosas. Deberá mantenerse el tronco protegido de la luz solar, a fin de minimizar el desarrollo de las agallas multiyemas. El fruto es sensible al bufado y picado por golpe de sol, al igual que Orogrós, para evitar el picado se suelen hacer dos tratamientos foliares con caolín.

Clemensoon

Mutación espontánea de Oronules originada en Algimia d'Alfara (Valencia). El árbol es muy poco vigoroso, sin espinas y las hojas son estrechas. Presenta abundantes agallas multiyemas. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Por su escaso vigor, deberá injertarse sobre patrones muy vigorosos o bien, si se va a reinjertar una plantación, los árboles deben ser muy vigorosos. Deberá mantenerse el tronco protegido de la luz solar, a fin de minimizar el desarrollo de las agallas multiyemas. El fruto es sensible al planchado y picado por golpe de sol.

Basol

Mutación espontánea de Oronules originada en Castellón en 1999 (Figura 27). El árbol es muy poco vigoroso y hábito de crecimiento abierto, no presenta espinas y las hojas son estrechas y coriáceas. Presenta abundantes agallas multiyemas. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Deberá injertarse sobre patrones muy vigorosos o bien, si se va a reinjertar una plantación, los árboles deben presentar maderas intermedias vigorosas. Deberá mantenerse el tronco protegido de la luz solar, a fin de minimizar el desarrollo de las agallas multiyemas. Le afecta menos que otras mutaciones de "Oronules" el picado por el golpe de sol, si bien el tamaño del árbol y el calibre del fruto es el menor entre estas mutaciones. Variedad sensible a la *Ceratitis capitata*.

Cultifort

Mutación espontánea de Oronules originada en Pego (Alicante). El árbol es muy poco vigoroso, sin espinas y con hojas estrechas. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad precoz. La variedad no presenta agallas multiyema, pero así y todo deberá injertarse sobre patrones muy vigorosos o bien, si se va a reinjertar una plantación, los árboles deben presentar maderas intermedias vigorosas. El fruto es sensible al planchado y picado por golpe de sol.

Clemenclara

Mutación espontánea de Marisol originada en Betxí (Castellón). El árbol es de vigor medio, de crecimiento erecto, con abundantes espinas en las ramas vigorosas y entrenudos cortos que le

dan aspecto frondoso. No presenta agallas multiyemas. El polen es muy poco viable. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

La calidad de fruta es similar a Marisol, aunque más precoz y de forma más achatada (Figura 28). Al igual que Marisol, precisa de aclareo de frutos para conseguir calibre. Prácticamente sin semillas.

Clemenval

Mutación espontánea de Esbal originada en Sagunt (Valencia). El árbol es de vigor medio, con alguna espina y no presenta agallas multiyema. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad productiva y de buen calibre, el fruto es de calidad algo inferior al de Esbal (Figura 29). En algunos frutos presenta un ligero cuello en la zona peduncular. Es sensible al bufado y al "pixat".

Capola

Mutación espontánea de clementina detectada en La Vall d'Uixó (Castellón) en 1991. Árbol de vigor medio y hábito de crecimiento abierto. Las ramas no presentan espinas. Fruto de tamaño pequeño-medio de forma achatada. La floración se caracteriza por presentar un elevado porcentaje de flores campaneras. Se puede iniciar la recolección en octubre para desverdizar en cámara. Variedad sin dificultad para cuajar los frutos, sin embargo, puede precisar de tratamientos para incrementar el tamaño final del fruto.

Oct-488 (Octubrina)

Mutación espontánea de Clemenules originada en Vila-real (Castellón) y conocida también como Octubrina. El árbol es poco vigoroso, con alguna espina y abundantes agallas multiyemas. La viabilidad del polen es alta. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Comportamiento del árbol y tipo de fruta muy parecido a Clemenpons. La variedad por la presencia de multiyemas deberá injertarse sobre patrones muy vigorosos o bien, si se va a reinjertar una plantación, los árboles deben presentar maderas intermedias vigorosas. Puede precisar algún aclareo de frutos. Es sensible al bufado y pixat. Las mandarinas atraen a la mosca de la fruta más que otras clementinas.

Nero

Mutación inducida de Clemenules obtenida en el IVIA en 2002 mediante la irradiación de yemas. El árbol es de vigor medio, con alguna espina y no presenta agallas multiyemas. La viabilidad del polen es prácticamente nula. Es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad sin semillas con un porcentaje de zumo similar a Arrufatina (Figura 30). Presenta buena aptitud para el desverdizado y es poco sensible al bufado y pixat. Con patrones muy vigorosos puede presentar problemas de granulación. El árbol es sensible a problemas de compactación del suelo o asfixia radicular.

Nulesin

Mutación inducida de Clemenules obtenida en el IVIA mediante la irradiación de ápices caulinares en 1994. El árbol es vigoroso, tiene poca espinosidad y alguna agalla multiyema. La floración puede presentarse escalonada en el tiempo. El polen presenta poca viabilidad. Es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad productiva, de buen calibre, idéntica a Clemenules salvo en el menor número de semillas y menor viabilidad del polen, lo cual induce menos semillas en otras variedades compatibles (Figura 31). Es sensible al bufado y pixat.

Sando

Mutación de clementina Fina"originada en Almenara (Castellón) en el año 2000. El árbol es vigoroso y sin espinas. La viabilidad del polen es alta. La variedad es partenocárpica y autoincompatible. Variedad de aspecto muy atractivo, es algo menos sensible al bufado y pixat que la Clementina Fina lo que permite su recolección tardía (Figura 32). La fruta se desprende con bajas temperaturas (menos que Hernandina). Presenta tendencia a la alternancia de cosechas.

Neufina

Mutación de inducida Clemenules originada en el IVIA en el año 2002 mediante la irradiación de yemas. El árbol tiene un hábito de crecimiento abierto y buen desarrollo vegetativo. Sin espinas. La floración escalonada y con predominio de flores campaneras. El polen es poco viable. El fruto marca acanaladuras en la corteza estando verde y al inicio del viraje de color. Es partenocárpica y autoincompatible (Figura 33).

La variedad es poco sensible al bufado y "pixat". Responde bien a la conservación en frío en postcosecha. En recolección tardía puede presentar cierta alternancia en las cosechas.

Clemenverd

Mutación inducida de Clemenules obtenida en el IVIA en 2002 mediante la irradiación de yemas. El árbol es vigoroso, de hábito de crecimiento abierto, madera sin espinas, hojas lanceoladas, grandes y de color verde oscuro. La viabilidad del polen es baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Fruto de buen calibre, el viraje del color se produce tarde, lo que permite que la corteza se mantenga más tiempo en buenas condiciones, siendo el nivel de acidez del fruto ligeramente superior a Hernandina, por lo que puede recolectarse entre enero y febrero (Figura 34).

La baja productividad de esta variedad ha provocado que no se comercialice actualmente.



Figura 25. Clementina Orogrós. *Fuente: AVASA*



Figura 26. Clementina Clemenrubí. *Fuente: AVASA*



Figura 27. Clementina Basol. *Fuente: Fruiting*



Figura 28. Clementina Clemenclara. *Fuente: AVASA*



Figura 29. Clementina Clemenal. *Fuente: AVASA*



Figura 30. Clementina Nero. *Fuente: M. Talón*



Figura 31. Clementina Nulessin



Figura 32. Clementina Sando. *Fuente: J.A. Caballol*



Figura 33. Clementina Neufina



Figura 34. Clementina Clemenverd. *Fuente: M. Talón*

HÍBRIDOS DE MANDARINO (2X)

Orri

Mutación inducida obtenida en Israel a partir de la irradiación de yemas del mandarina Orah, híbrido entre mandarina Temple y posiblemente mandarina Kinnow (Barry *et al.*, 2015). El árbol es vigoroso, de porte erecto y frondoso, con espinas pequeñas que permanecen en el tiempo. La viabilidad del polen es muy baja. Fruto de gran calidad, de fácil pelado y tamaño mediano, tiene cierta dificultad para el cuajado, siendo el arqueado de ramas y el rayado, práctica habitual los primeros años de cultivo (Figura 35). Interesa realizar la poda en julio, tras el cuajado y evitar abonado y riegos abundantes en la época de cuajado. Puede presentar alternancia en las cosechas.

El obtentor de la variedad ha limitado la superficie cultivada en España a las plantaciones ya autorizadas.

Nadorcott

Híbrido originado a partir de un chance seedling de Murcott en Nador (Marruecos). El árbol es vigoroso, con alguna espina pequeña. La viabilidad del polen es muy alta. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad muy productiva, de fácil pelado y con tendencia a la defoliación, especialmente si se injerta sobre Citrange. Fruto de forma achatada y coloración intensa (Figura 36). Es sensible al bufado (puffing) y si se retrasa mucho la recolección la corteza del fruto se decolora. De recolección tardía, se recolecta desde febrero hasta marzo-abril.

El obtentor de la variedad ha limitado la superficie cultivada en España a las plantaciones ya autorizadas.

Murina

Mutación inducida de Murcott obtenida en el IVIA a partir de la irradiación de yemas en 2000 (Figura 37). El árbol es de vigor medio, con espinas pequeñas que las pierde con el tiempo, ramifica mucho. La viabilidad del polen es muy baja, siendo la variedad autocompatible.

Variedad muy dulce, con muy pocas semillas, de piel fina, es sensible al rajado del fruto (splitting) al final del verano y al hongo *Alternaria* (similar a Nova). Requiere manejo cuidadoso tras la recolección, para evitar que se reseque la corteza. Se debe injertar sobre patrón vigoroso o madera intermedia de variedad vigorosa. La variedad presenta alternancia en las cosechas cuando se retrasa mucho la recolección.

Tang Gold (Tango)

Mutación inducida obtenida en California (Riverside) a partir de la irradiación de yemas de la variedad W. Murcott (Afourer-Nadorcott) en 1995. El árbol es vigoroso, de porte erecto y con alguna espina pequeña. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad sin semillas, con tamaño de árbol y fruto ligeramente inferior a Nadorcott. Al igual que esta, tiene tendencia a la defoliación, especialmente si se injerta sobre Citrange. Fruto de forma

achatada, color naranja rojizo intenso, se pela con facilidad y calibres medios ajustados, cuando está sobre-maduro, presenta sensibilidad al bufado (puffing) y si se retrasa mucho la recolección, la corteza del fruto se decolora (Figura 38). Se puede recolectar dependiendo de las zonas desde el mes de enero.

Mandanova

Mutación inducida de mandarino Nova obtenida en Sudáfrica mediante la irradiación de yemas. El árbol es vigoroso, sin espinas. Viabilidad del polen muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Fruto de gran calidad que se distingue de la variedad Nova por no tener semillas, ni inducirlas en otras variedades, pero al igual que Nova el fruto es sensible al rajado y también se desprenden con temperaturas bajas, especialmente sobre los patrones Citrange (Figura 39). La variedad es sensible a *Alternaria*.

Leanri

Variedad obtenida en Sudáfrica a partir de la irradiación del mandarino Furr 54, híbrido entre clementina y Murcott. De recolección tardía (febrero-marzo). El color de los frutos es naranja rojizo intenso (ICC=22), de fácil pelado y de tamaño medio a grande (Figura 40). Árbol de hábito de crecimiento erecto, hoja lanceolada de color verde oscuro. La madera no presenta espinas. Es moderadamente sensible a *Alternaria*. Excelente calidad organoléptica. No presenta semillas.

Gold Nugget

Híbrido entre mandarino Wilking y mandarino Kincy [(Mandarino Común x King) x (King x Dancy)] obtenido en Riverside, California, en 1950 (Figura 41). El árbol es de vigor medio y con pocas espinas. El polen tiene escaso poder germinativo. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

Variedad muy dulce, sin semillas, pero de aspecto como si fuesen frutos de segunda flor. El fruto se conserva bien en el árbol, sin embargo, el manejo en postcosecha es complicado, pues un porcentaje de frutos se pudren a los pocos días de estar a temperatura ambiente y manifiesta fácilmente daños por cepillado en almacén. Vecería en la producción bastante marcada.

Moncalina

Mutación inducida mediante la irradiación de yemas de la variedad Moncada, híbrido de clementina Oroval x mandarino Kara, obtenida en el IVIA en 2001. El árbol es de vigor medio, de aspecto llorón, con espinas grandes en las ramas vigorosas y ausentes o muy pequeñas en las ramas de fructificación. La viabilidad del polen es muy baja, siendo la variedad partenocárpica y autoincompatible.

La variedad presenta frutos de calidad y poco sensibles a fisiopatías, aunque a partir de marzo la piel del fruto envejece rápido (Figura 42). La producción tiene tendencia a la alternancia de cosechas.

Queen

Híbrido originado a partir de una satsuma como parental femenino y un parental masculino desconocido. El árbol es de vigor medio, sin espinas y presenta un hábito de crecimiento similar al de las satsumas. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es partenocárpica y autoincompatible.

El fruto queda poco protegido por la vegetación y el ombligo del fruto está muy marcado. Frutos de color naranja rojizo intenso, entra rápidamente en producción, muy productiva y no es alternante en las cosechas (Figura 43).

Spring Sunshine

Mutación inducida de Murcott obtenida en Israel partir de la irradiación de yemas. El árbol es de vigor medio, con espinas pequeñas que las pierde con el tiempo, ramifica mucho. La viabilidad del polen es muy baja, siendo la variedad autocompatible.

Variedad menos productiva que Murina. Fruto de pulpa dulce, con muy pocas semillas, de piel fina, es sensible al rajado del fruto (splitting) al final del verano y al hongo *Alternaria*. Requiere manejo cuidadoso tras la recolección, para evitar que se reseque la corteza. Se debe injertar sobre patrón vigoroso o madera intermedia de variedad vigorosa. La variedad presenta alternancia en las cosechas cuando se retrasa mucho la recolección.

HÍBRIDOS TRIPLOIDES DE MANDARINO

IVIA TRI-707 (no se comercializa actualmente)

Híbrido triploide obtenido en el IVIA por polinización abierta de Clemenules tetraploide (4x) en 2005. Tanto el polen como los óvulos son estériles, por lo que no presenta semillas ni las induce en otras variedades. Árbol vigoroso, frondoso que presenta alguna espina en las ramas principales que posteriormente desaparecen. Partenocárpica. El fruto presenta forma achatada, parecida a las clementinas, de fácil pelado (Figura 44). Pulpa fundente, sin residuos, rica en azúcares y con un porcentaje de zumo entre 46-49%. Recolección precoz, dependiendo de las zonas de cultivo, puede iniciarse la recolección a primeros de octubre (E/A= 9-10). Cuando produce mucho puede presentar problemas con el calibre de los frutos. No presenta agallas multiyema y la fruta se desverdiza adecuadamente. No se han observado síntomas de *Alternaria*.

Alborea (No se comercializa actualmente)

Híbrido triploide de Fortune x Wilking obtenido en el IVIA en 1995. La corteza del tronco es lisa y de color marrón. Tienen un vigor intermedio, crecimiento abierto y forma elipsoidal. Las hojas son oscuras de forma lanceolada. Presentan espinas desde las primeras brotaciones que prácticamente desaparecen cuando la rama es adulta. Tanto el polen como los óvulos son estériles, por lo que no presenta semillas ni las induce en otras variedades. Partenocárpica.

La época óptima de maduración es a principios de enero, aunque puede recolectarse desde principios de diciembre hasta finales de enero. Tendencia de frutos al bufado (puffing) y clareta (Creasing) cuando se retrasa excesivamente la recolección (Figura 45).



Figura 35. Mandarino híbrido Orri



Figura 36. Mandarino híbrido Nadorcott



Figura 37. Mandarino híbrido Murina



Figura 38. Mandarino híbrido Tango



Figura 39. Mandarino híbrido Mandanova. *Fuente: AVASA*



Figura 40. Mandarino híbrido Leanri



Figura 41. Mandarino híbrido Gold Nugget



Figura 42. Mandarino híbrido Moncalina



Figura 43. Mandarino híbrido Queen

Garbí

Híbrido triploide obtenido en el IVIA por polinización controlada entre el mandarino Fortune y Murcott en 1996. Tanto el polen como los óvulos son estériles, por lo que no presenta semillas ni las induce en otras variedades. Fruta atractiva, de corteza fina, resistente a *Alternaria*, aunque sensible al rajado y rameado (Figura 46). Partenocárpica. Con lluvias o rocío a partir del inicio del cambio de color el fruto es sensible a la mancha de agua. La variedad es sensible a clareta.

Safor

Híbrido triploide obtenido en el IVIA por polinización controlada entre el mandarino Fortune y Kara en 1996. Tanto el polen como los óvulos son estériles, por lo que no presenta semillas ni las induce en otras variedades. Árbol vigoroso, frondoso, de aspecto llorón, con espinas en las ramas vigorosas. La variedad es resistente a *Alternaria*. Partenocárpica.

La fruta es atractiva, de forma oval redondeada, con excelentes propiedades organolépticas y de maduración tardía. Frutos de color rojo anaranjado intenso (Figura 47). La corteza del fruto es sensible a daños por insolación, como el picado, especialmente en árboles jóvenes por lo que deberán realizarse tratamientos preventivos, al igual que para mantener la corteza en adecuadas condiciones hasta su recolección. La variedad es algo sensible a clareta y en campañas con humedad relativa alta tras la maduración, disminuye la consistencia del fruto.

TDE-2 (Shasta Gold)

Híbrido triploide obtenido a partir de un híbrido tetraploide de Temple x Dancy como parental femenino que se hibridó con el mandarino Encore como parental masculino. Se obtuvo en Riverside, California, en 1973. El árbol es medianamente vigoroso, con muchas espinas y de madera frágil. Tanto el polen como los óvulos son estériles, por lo que no presenta semillas ni las induce en otras variedades. La variedad es partenocárpica.

La variedad presenta cierta tendencia a la alternancia de cosechas y es algo sensible a *Alternaria*, aunque menos que Nova.

TDE-4 (Yosemite Gold)

Híbrido triploide obtenido a partir de un híbrido tetraploide de Temple x Dancy como parental femenino que se hibridó con el mandarino Encore como parental masculino. Se obtuvo en Riverside, California, en 1973. El árbol es medianamente vigoroso, con alguna espina pequeña. Tanto el polen como los óvulos son estériles, por lo que no presenta semillas ni las induce en otras variedades. La variedad es partenocárpica. Es algo sensible a *Alternaria*, aunque menos que Nova. Presenta alternancia de las cosechas.

4.2. Variedades de Naranja dulce (*C. sinensis*)

4.2.1. Variedades tradicionales de Naranja dulce

Washington Navel

El grupo de variedades tipo Navel se originó en el estado de Bahía (Brasil), donde los portugueses introdujeron el naranja dulce. La variedad inicial se denominó Bahía y se caracterizaba por la formación de un segundo fruto de pequeño tamaño en la zona estilar del fruto, una excelente

calidad, el aborto de los gametos masculinos y femeninos, por lo que no produce semillas y maduración de media estación. Esta variedad se importó en EE.UU., donde se la rebautizó con el nombre de Washington Navel y desde allí se expandió a los principales países citrícolas donde han surgido nuevas variedades de este tipo por mutación espontánea. El árbol es vigoroso con alguna espina en las ramas de mayor vigor. Variedad productiva y de buen tamaño de fruto, si bien es bastante sensible a clareta (Figura 48). Precisa de tratamiento para evitar la caída del fruto, si se desea mantener hasta finales de febrero. El clon Foyos es prácticamente el único que se multiplica en los viveros españoles por su producción y uniformidad.

Fukumoto

Mutación espontánea de Washington Navel originada en Japón, muy parecida a la Navelina. Árbol frondoso, con mucho menos vigor que la Navelina, sin espinas y follaje de color oscuro. Al igual que el resto de variedades del grupo navel, el fruto presenta ombligo y la viabilidad del polen y de los óvulos es nula. El árbol es bastante más pequeño que Navelina por lo que el marco de plantación deberá de ser menor. El fruto es de forma redondeada y menos sensible a clareta (Creasing) que Navelina y Newhall (Figura 49). Presenta ligera tendencia a la alternancia de cosechas.

Navelina

Mutación espontánea de Smith's Early Navel originada en California. Árbol vigoroso, sin espinas y follaje de color oscuro. Flores sin polen. Al igual que el resto de variedades del grupo navel, el fruto presenta ombligo. Variedad precoz, color del fruto naranja intenso, con altos niveles de acidez que mantiene hasta el final del periodo de recolección y con buena adherencia al pedúnculo, aunque bastante sensible a clareta (Figura 50). Presenta cierta alternancia en las cosechas. Tiene buena tolerancia a la clorosis férrica y a la asfixia radicular.

Newhall

Mutación espontánea de Washington Navel originada en California, muy parecida a la Navelina. Árbol vigoroso, sin espinas y follaje de color oscuro. Flores sin polen. Al igual que el resto de variedades del grupo navel, el fruto presenta ombligo (Figura 51). La variedad es unos días más precoz que Navelina, aunque de forma más alargada, posee buena adherencia al pedúnculo y es bastante sensible a clareta. Tiene buena tolerancia a la clorosis férrica y a la asfixia radicular. Presenta tendencia a la alternancia de cosechas.

Caracara

Mutación de Washington Navel originada en Venezuela. Árbol vigoroso, con alguna espina en las ramas de mayor vigor. Las flores carecen de polen y al igual que el resto de variedades del grupo Navel, los frutos presentan ombligo. Se caracteriza por el color rosado de la pulpa debido a la presencia de licopenos, similar a la de algún pomelo, aunque es frecuente que algunas yemas reviertan la mutación y parte de los frutos no presenten la coloración rosácea (Figura 52). La consistencia de la fruta es similar a Washington Navel, si bien algo más ácida y de menor tamaño.

Salustiana

3. Cultivos

Mutación de la variedad Comuna originada en l'Ènova (Valencia). Árbol muy vigoroso, sin espinas, con tendencia a emitir ramas verticales que sobresalen de la copa (chupones). Polen poco viable y autocompatible. Apta tanto para el consumo en fresco como para la industria, ya que el zumo contiene muy poca limonina. Variedad productiva, aunque presenta ligera tendencia a la alternancia de cosechas. El fruto es de tamaño mediano (Figura 53). Precisa de tratamiento para evitar la caída del fruto si se desea recolectar a partir de febrero. Evitar podas fuertes. Buena madera intermedia.

Lane Late

Mutación de Washington Navel originada en Australia. Árbol vigoroso, con alguna espina en las ramas de mayor vigor. Las flores carecen de polen y al igual que el resto de variedades del grupo Navel, los frutos presentan ombligo (Figura 54). Variedad muy productiva y en la madurez el fruto mantiene buena adherencia al pedúnculo, aunque no tanto como Barnfield, Chislett o Powell. La consistencia del fruto es algo menor que estas variedades y la sensibilidad a clareta es ligeramente mayor. El calibre de Chislett y Powell suele ser mayor.

Navelate

Mutación de Washington Navel originada en Vinaroz (Castellón). Árbol vigoroso, con presencia de pequeñas espinas incluso en las ramas productivas. Las flores carecen de polen y los frutos presentan ombligo, aunque de menor tamaño que otras variedades del grupo Navel. Los frutos poseen una gran calidad organoléptica y buena consistencia, aunque de calibre mediano y forma ligeramente alargada (Figura 55). En la madurez, la corteza del fruto es bastante sensible al viento frío y se producen lesiones tipo "pateta de rata", más acusadas si el patrón es Citrange. El fruto tiene poca adherencia al pedúnculo cuando madura, precisando de varios tratamientos si se desea mantener la fruta en el árbol hasta finales de marzo. En la actualidad prácticamente ha desaparecido su cultivo.

Valencia Late

En Portugal surgió la variedad Don Joao, de maduración tardía, de mayor tamaño y con menos semillas que las variedades de naranjas del grupo de las Blancas que se cultivaban durante la segunda mitad del siglo XIX. Se introdujo en las Azores y posteriormente en EE.UU. donde se renombró Valencia Late y desde allí se difundió a muchos países productores donde ha sufrido nuevas diversificaciones con la identificación y selección de distintas variedades que se cultivan ampliamente. El árbol es vigoroso, sin espinas. Polen poco viable y autocompatible. Apta tanto para el consumo en fresco como para la industria, ya que el zumo contiene muy poca limonina.

Variedad tardía, el fruto tiene buena conservación en el árbol, aunque al final del periodo de recolección el cuello de fruto reverdece (Figura 56). Presenta ligera tendencia a la alternancia de cosechas. La variedad es algo sensible a clareta.

Sanguinelli

Se originó por mutación espontánea de yemas de la variedad Doblefina en Almenara (Castellón) en 1929 que se caracteriza por una coloración rojiza más acentuada de la corteza, pulpa y zumo de sus frutos. El árbol es de tamaño mediano a pequeño, follaje poco denso y madera sin espinas. Hojas de color verde claro y con alas poco desarrolladas. Fruto de forma elipsoidal,

corteza fina y brillante, color naranja con zonas de color rojo intenso (Figura 57). Generalmente, cuanto más frío el fruto presenta una coloración más rojiza. Zumo muy agradable de sabor y aromático. Variedad productiva que en muchas ocasiones penaliza el calibre. Se puede recolectar a partir del mes de enero. Si se retrasa la recolección el fruto tiende a desprenderse, aunque algo menos que la variedad de la que procede. Durante las últimas décadas el cultivo de Sanguinelli en nuestra citricultura fue retrocediendo paulatinamente, aunque durante estos últimos años se ha observado un creciente interés por esta variedad debido al alto contenido de antocianos en sus frutos. Los antocianos son los compuestos flavonoides más abundantes en frutos y vegetales, y son los responsables del color rojizo del zumo y de los frutos y además presentan propiedades beneficiosas para la salud.

Morocatania

Árbol vigoroso y de desarrollo medio, hábito de crecimiento abierto y follaje abundante. Las ramas no presentan espinas. Fruto intensamente pigmentado, la forma del fruto es variable encontrándose frutos elipsoidales, ovalados y redondeados (Figura 58). Tiende a producir en racimos. Por lo general fruto de pequeño calibre y pocas semillas. Zumo de color morado intenso, menos aromático y con menos sabor que Sanguinelli. Se puede recolectar también a partir del mes de enero.

Murtera

Árbol de tamaño medio a grande y vigoroso. Madera sin espinas. Los frutos están poco pigmentados con manchas rojizas de mayor o menor intensidad y extensión, de formas ovaladas a redondeadas y ligeramente achatadas, presentan pocas semillas (Figura 59). Variedad muy productiva y también se puede recolectar a partir de enero. El fruto, a diferencia de otras del grupo Sangre, está fuertemente adherido al pedúnculo. Su cultivo en España es testimonial.

Tarocco Rosso

Mutación de Sanguinello originada en Italia. Árbol vigoroso, con mayor desarrollo que Sanguinelli y con alguna espina en las ramas más vigorosas. La coloración del fruto se acentúa con temperaturas bajas en el periodo de maduración, siendo mayor con suelos sueltos. Variedad productiva. El fruto es más esférico que Sanguinelli y en general de mayor calibre, si bien la coloración externa es menor y en el periodo de recolección la consistencia del fruto también es menor (Figura 60). Se puede recolectar entre enero y marzo. El fruto tiene poca adherencia al pedúnculo cuando madura, precisando de tratamientos si se desea mantener la fruta hasta mediados de marzo. Variedad sensible a clareta (Creasing).

Tarocco Messina

Clon nucelar seleccionado en 1984 en el centro de investigación CRA-ACM comprobar (Catania, Italia). Variedad poco pigmentada y de recolección tardía (abril-mayo) cuando la mayoría de variedades Tarocco ya han sido recolectadas. Se comporta muy bien en postcosecha, manipulación y transporte. El fruto tiene forma oval, de piel fina y lisa con la pulpa de color naranja ligeramente pigmentada (Tarocco Messina). No presenta semillas.

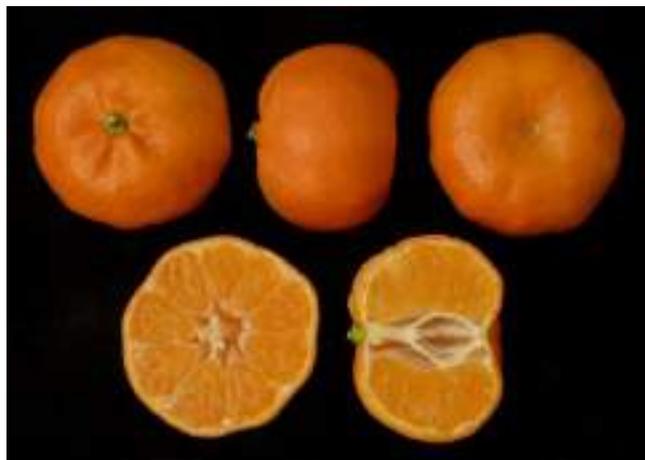


Figura 44. Mandarinino híbrido IVIA TRI-707. Fuente: P. Aleza



Figura 45. Mandarinino híbrido Alborea

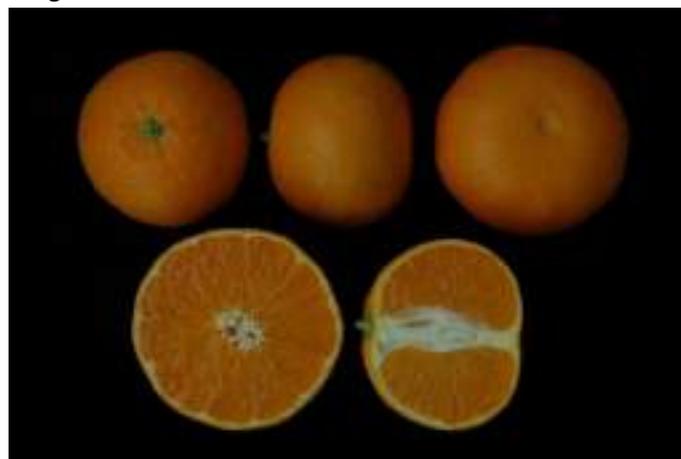


Figura 46. Mandarinino híbrido Garbí. Fuente: P. Aleza



Figura 47. Mandarinino híbrido Safor



Figura 48. Naranja Washington Navel



Figura 49. Naranja Fukumoto



Figura 50. Naranja Navelina

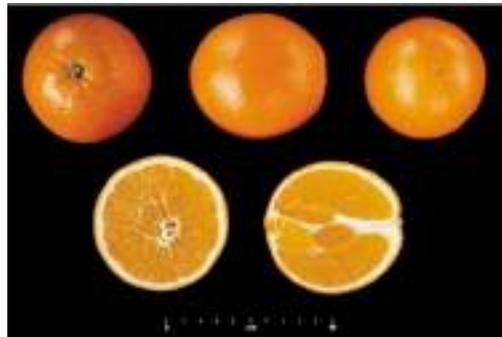


Figura 51. Naranja Newhall. Fuente: IVIA



Figura 52. Naranja Caracara



Figura 53. Naranja Salustiana



Figura 54. Naranja Lane Late



Figura 55. Naranja Navelate



Figura 56. Naranja Valencia Late

3. Cultivos



Figura 57. Naranja Sanguinelli



Figura 58. Naranja Morocatania



Figura 59. Naranja Murtera



Figura 60. Naranja Tarocco Rosso



Figura 61. Naranja Tarocco Messina

4.2.2. Nuevas variedades de Naranja dulce

Benny Valencia

Mutación de Valencia Olinda originada en Zimbawe. El árbol es de vigor medio, de porte abierto y con alguna espina. Polen poco viable y autocompatible. Apta tanto para el consumo en fresco como para la industria, ya que el zumo contiene muy poca limonina.

La variedad es productiva, con el fruto redondo de tamaño ligeramente mayor que Valencia Late y menor acidez, lo que permite una recolección más temprana. El color del fruto es más intenso que otras Valencias, si bien al final del periodo de recolección el cuello del fruto reverdece igualmente.

Barnfield Late Navel

Mutación espontánea de Washington Navel originada en Australia en 1985. Árbol vigoroso, con alguna espina en las ramas de mayor vigor. Las flores carecen de polen, los frutos presentan ombligo (Figura 62). Variedad productiva, si bien el fruto presenta en madurez una ligera mejoría en la adherencia al pedúnculo y mayor consistencia, lo que permite una recolección más tardía, aunque para ello necesitará tratamientos para el amarre del fruto. Poco sensible a clareta.

Powell Summer Navel

Mutación espontánea de "Washington" originada en Australia. Árbol vigoroso, con alguna espina en las ramas de mayor vigor. Las flores carecen de polen y al igual que el resto de variedades del grupo Navel, los frutos presentan ombligo. Fruto de buen tamaño que mantiene en la madurez una gran consistencia y mejora algo la adherencia del pedúnculo al fruto si la comparamos con Lane Late, lo que permite una recolección más tardía, aunque para ello necesitara tratamiento para el amarre del fruto (Figura 63). Poco sensible a clareta. En recolección temprana, la fruta tiene más residuo al comerla.

Glen Ora Late Navel

Mutación espontánea de Navel Palmer originada en Sudáfrica. Árbol vigoroso, frondoso, de porte abierto, con presencia de espinas incluso en las ramas productivas. Las flores carecen de polen, los frutos presentan ombligo. Variedad productiva que mantiene en la madurez una buena adherencia al pedúnculo, lo que permite una recolección tardía. Algo más productiva que Chislett o Powell, si bien el fruto es de inferior tamaño.

Chislett Summer Navel

Mutación espontánea de Washington Navel originada en Australia en 1986. Las flores carecen de polen y los frutos presentan ombligo. Fruto de buen tamaño y gran calidad, es menos ácida que Powell, si bien es menos productiva que Lane Late o Barnfield (Figura 64). El fruto mantiene en la madurez una buena consistencia y mejora la adherencia del pedúnculo al fruto, lo que permite una recolección más tardía, aunque para ello necesitará tratamiento para el amarre del fruto. Poco sensible a clareta. Tiene la corteza más lisa que otras naranjas tardías.

Navel Chocolate

Mutación espontánea de Navelina. Árbol de tamaño medio y hábito de crecimiento abierto, aspecto redondeado y frondoso. Hojas lanceoladas y de color verde oscuro, sin alas. Fruto de forma globosa con ombligo externo generalmente pequeño. Se caracteriza porque el fruto cuando madura no cambia de color, quedándose de color verde-marronáceo, de ahí el nombre de "Chocolate" (Figura 65). El fruto presenta pulpa fundente y contiene más sólidos solubles que la Navelina, de la cual procede. Recientemente se ha registrado en el Registro de variedades comerciales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Barberina

Mutación espontánea de Valencia Late originada en Rafelcofer (Valencia). Árbol muy vigoroso, sin espinas, de hoja muy grande y oscura. Polen poco viable y autocompatible. Apta para la industria, ya que el zumo contiene muy poca limonina. El fruto tiene buen calibre y menos ácido que otras Valencias (Figura 66). Tiene buena conservación en el árbol, siendo poco sensible a clareta. Al final del periodo de recolección el cuello del fruto reverdece. La variedad es muy alternante en sus cosechas.

Valencia Midnight

Mutación espontánea de Valencia Late originada en Sudáfrica (Figura 67). Árbol vigoroso, sin espinas. Polen poco viable y autocompatible. Apta tanto para el consumo en fresco como para la industria, ya que el zumo contiene muy poca limonina. El fruto es de mayor tamaño que el de Valencia Late, siendo poco sensible a clareta y tiene buena conservación en el árbol, aunque al final del periodo de recolección el cuello del fruto reverdece. Presenta ligera tendencia a la alternancia de cosechas. La variedad es sensible al secado de ramas en primavera por estrés hídrico.

Valencia Delta Seedless

Mutación espontánea de Valencia Late originada en Sudáfrica. Árbol vigoroso, sin espinas. Polen poco viable y autocompatible. Apta tanto para el consumo en fresco como para la industria, ya que el zumo contiene muy poca limonina. Variedad muy productiva, de entrada rápida en producción, sin semillas, aunque de fruto pequeño (Figura 68). Poco sensible a clareta. El fruto tiene buena conservación en el árbol. Al final del periodo de recolección el cuello del fruto reverdece.

Violeta de los Valles

Árbol de vigor medio, hábito de crecimiento abierto y abundante follaje, hojas de color verde oscuro y tamaño medio-grande. La madera no presenta espinas. El fruto es el más pigmentado de las variedades del grupo sangre que se cultivan en España. Fruto redondeado de color violáceo y calibre generalmente reducido. El zumo es aromático y muy rico en antocianos. Recientemente se ha registrado en el Registro de variedades comerciales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



Figura 62. Naranja Barnfield Late Navel



Figura 63. Naranja Powell Summer Navel



Figura 64. Naranja Chislett Summer Navel



Figura 65. Naranja Navel Chocolate



Figura 66. Naranja Barberina



Figura 67. Naranja Valencia Midnight



Figura 68. Naranja Valencia Delta Seedless

4.3. Variedades de limón (*C. limon*)

Lima Bearss (*C. latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka)

Variedad triploide originada a partir de la fecundación de un óvulo haploide de limón y un gameto diploide de lima Mexicana en Tahití (Figura 69). El vigor del árbol es medio, con abundantes espinas pequeñas. La variedad es refloreciente y su polen y óvulos no son viables.

Los frutos deben recolectarse verdes, antes de que alcancen su madurez. La variedad es algo sensible al virus de la tristeza (CTV) aunque esté injertada sobre patrones tolerantes, por lo que es posible que alguno de los árboles empiece a declinar al cabo de los años. Muy sensible al frío, lo que provoca la caída de los frutos.

Eureka

Variedad originada a partir de semillas contenidas en frutos de limón de origen italiano en Los Ángeles, California, en 1858 (Figura 70). El árbol es vigoroso, con menos espinas que el limonero Fino. La viabilidad del polen es de media a baja. La variedad es autocompatible.

Variedad muy utilizada en jardinería por su productividad y ser algo refloreciente. El árbol es bastante sensible al frío y en general tiene menos vida que otras variedades.

La calidad del fruto es inferior a la de Fino y Verna.

Fino

Variedad española, procede probablemente de una semilla de limón Común de la Vega de Murcia (Figura 71). El árbol es muy vigoroso y con espinas. La viabilidad del polen es media. La variedad es autocompatible.

El fruto se comercializa también con la denominación de Primafiori. Variedad de piel fina, muy productiva, si bien la conservación en el árbol es menor que Verna. También es más sensible al frío, aunque se recupera mejor de las heladas y se adapta mejor a diferentes tipos de suelo. Reflorece poco, siendo la floración más agrupada que Verna y por lo general se inicia algo más tarde.

Actualmente en los viveros se multiplican dos clones de la variedad: Fino 49 y Fino 95.

Verna

Variedad española de origen desconocido (Figura 72). El árbol es vigoroso, con menos espinas que el limonero Fino. Es refloreciente, la viabilidad del polen es de media a baja. La variedad es autocompatible.

Aunque la madurez la alcanza en noviembre, la recolección suele iniciarse a partir de finales de febrero, pues al tener la corteza más gruesa la conservación del fruto en el árbol es mejor que Fino y Eureka. Tiene ligera tendencia a la alternancia de cosechas.

Presenta miriñaque si se injerta sobre naranjo amargo. Es más propenso a los ataques de *Prays citri*.



Figura 69. Lima Bearss. Fuente: AVASA



Figura 70. Limón Eureka. Fuente: IVIA

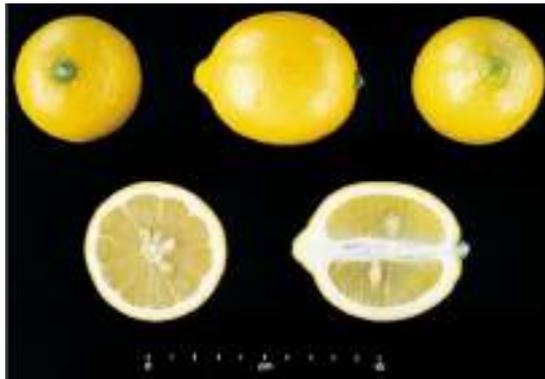


Figura 71. Limón Fino. Fuente: IVIA



Figura 72. Limón Verna

4.3.1. Nuevas variedades de limonero

Bétera

Mutación espontánea de limón Fino obtenida en Bétera (Valencia) (Figura 73). El árbol es vigoroso, con muy pocas espinas. Reflorece poco. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es autocompatible. La variedad no es muy productiva y se utiliza sobre todo en jardinería por tener pocas espinas. Fruto de aspecto y precocidad similar a Fino 49, aunque con menos semillas.

Golden Seedless

Mutación de la variedad Eureka obtenida en Sudáfrica a partir de la irradiación de yemas. El árbol es vigoroso, reflorecente, con alguna espina más que Eureka. La viabilidad del polen es muy baja. La variedad es autocompatible y partenocárpica, siendo la presencia de semillas prácticamente nula. La variedad es muy productiva y algo más precoz que Eureka pues el porcentaje mínimo de zumo lo alcanza antes. La calidad del fruto es similar al Fino. Al igual que Eureka el árbol es bastante sensible al frío.

Chaparro

Mutación de limón Fino que produce frutos de mayor tamaño y mayor porcentaje de zumo que la variedad Fino. Es ovalado, con pezón muy corto y prácticamente sin cuello. Tiene la piel más lisa y fina que Verna. Tiene alto contenido en zumo de gran riqueza en ácido cítrico, por lo que es una variedad muy apreciada para la industria de derivados.

3. Cultivos

La recolección puede realizarse de forma escalonada, iniciándose en septiembre cuando, a pesar de estar verdes, los frutos cumplen las normas de calidad. Los frutos recolectados verdes se tienen que desverdizar para su comercialización, por exigencia del mercado. La variedad permite finalizar la recolección en el mes de noviembre.

Árboles de porte achaparrado, entrenudos más cortos que el Fino, espigas de mayor tamaño, muy precoces en su entrada en producción, muy productivos y con tendencia a fructificar en racimos.

Limón variegado

Árbol vigoroso y hábito de crecimiento abierto, madera con espigas. Las hojas son variegadas (amarillas y verdes) y tamaño grande. Los brotes son de color morado como los de otros limoneros. El fruto es ovalado, de corteza rugosa y variegada, que se va perdiendo con el tiempo quedando un color amarillo-rosáceo (Figura 74). La pulpa también presenta un color rosáceo debido a la acumulación de licopeno. Se ha registrado recientemente en el Registro de variedades comerciales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



Figura 73. Limón Bétera



Figura 74. Limón Variegado

4.4. Variedades de pomelo (*C. paradisi*)

Marsh

Variedad originada a partir de una mutación espontánea de pomelo Duncan en 1860 (Lakeland, Florida). El árbol es vigoroso y sin espigas. La viabilidad del polen es de media a baja. La variedad es autocompatible. La pulpa de los frutos es de color amarillo, no es pigmentada (Figura 75).

Tras días viento y bajas temperaturas en febrero o marzo el fruto puede manifestar “pitting”, que también lo puede manifestar con facilidad si la conservación en cámara se realiza a temperaturas bajas.

Star Ruby

Mutación de pomelo Hudson obtenida en Texas mediante la irradiación de semillas en 1959 (Figura 76). El árbol es de vigor medio y sin espigas. La viabilidad del polen es muy baja.

De todos los pomelos es el menos exigente en temperatura cálida en el periodo final de desarrollo del fruto para conseguir la pigmentación rojiza. Es muy sensible a herbicidas

residuales y a algunos insecticidas. Tras días viento y bajas temperaturas en febrero o marzo el fruto puede manifestar “pitting”. Presenta ligera tendencia a la alternancia de las cosechas.

Rio Red

Mutación espontánea de una selección nucelar de pomelo Ruby irradiada denominada A&I 1-48 que se obtuvo en Texas en 1978 (Figura 77). El árbol es vigoroso y sin espinas. La viabilidad del polen baja. La variedad es autocompatible.

Requiere que el cultivo sea en zona cálida para que el fruto consiga la máxima coloración. Tras días de viento y bajas temperaturas en febrero o marzo puede manifestar “pitting”.



Figura 75. Pomelo Marsh

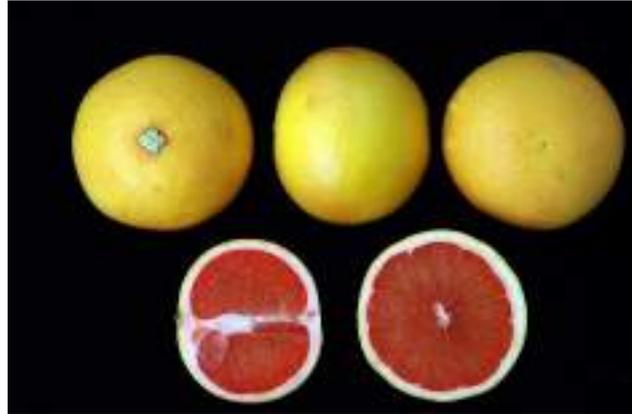


Figura 76. Pomelo Star Ruby. Fuente: IVIA



Figura 77. Pomelo Rio Red

5. Patrones utilizados en España

La citricultura española se ha visto afectada por varias crisis que se han superado gracias a importantes cambios estructurales basados en la innovación (Navarro *et al.*, 2016). La primera gran crisis surgió a finales del siglo XIX cuando las variedades en aquel momento cultivadas estaban injertadas sobre distintos portainjertos, como naranjo dulce, naranjo amargo, mandarino, cidro y en algunos casos se cultivaban sin injertar. El 1882 se describió por primera vez una enfermedad, muchos años más tarde identificada como la gomosis producida por el hongo oomiceto *Phytophthora* sp. que ocasionó la muerte de todos los árboles excepto los injertados sobre naranjo amargo, ya que este genotipo es resistente al hongo. El naranjo amargo produjo una expansión de la citricultura y se importaron variedades de otros países que

presentaban enfermedades causadas por agentes patógenos transmisibles por injerto. En 1956 se observaron las primeras muertes de árboles causadas por el virus de la tristeza de los cítricos (CTV), que se difundió rápidamente causando daños muy importantes en las plantaciones lo que obligó en 1968 a prohibir el su uso en las nuevas plantaciones y su sustitución por otros portainjertos tolerantes a CTV.

Además de la utilización de portainjertos tolerantes a CTV existen otros problemas que es necesario tener en cuenta a la hora de su elección como la clorosis férrica provocada por los suelos calizos, salinidad, asfixia radical, escasez de agua y el aprovechamiento de aguas de mala calidad, daños originados por el nematodo de los cítricos (*Tylenchulus semipenetrans*) y hongos, principalmente del género *Phytophthora*. No obstante, los portainjertos también pueden contribuir en aspectos relacionados con la calidad de la fruta, producción y rentabilidad de las plantaciones. En este sentido en el IVIA se está realizando un amplio programa de obtención de nuevos portainjertos de cítricos (Forner y Alcaide, 1994) que ha permitido la liberación al sector citrícola varios portainjertos destacando el FA5 (Forner *et al.*, 2003) que presenta un excelente comportamiento agronómico.

A continuación, se describen las características de los principales portainjertos utilizados en nuestra citricultura.

Citrange Carrizo

Híbrido de naranjo dulce x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. Es el patrón más empleado en la actualidad. Patrón de hoja trifoliada, vigoroso y de tamaño estándar. Presenta tolerancia media a la caliza y a la salinidad. Resistente a la asfixia radicular y al frío. Tolerancia media a nematodos. Es tolerante a Tristeza y sensible a Exocortis. Resistente a *Phytophthora*. Adelanta la maduración de la variedad injertada. Tolerante al frío, sensible a la clorosis férrica producida en suelos calizos y presenta sensibilidad a la salinidad. Patrón incompatible con limonero Eureka.

Macrophylla

Híbrido de *C. micrantha* y cidro. Es el segundo patrón más utilizado en España. Patrón que presenta hojas aladas y unifoliadas. Patrón muy vigoroso. Muy tolerante a la caliza y a la salinidad, aunque es sensible a la asfixia radicular, por lo que no debe ponerse en terrenos con tendencia al encharcamiento. Muy sensible al frío, aunque una vez se ha injertado la variedad, la resistencia al frío es mayor. Sensible a nematodos y Tristeza. Tolerante a Exocortis y muy tolerante a *Phytophthora*. Es un patrón que hace entrar rápidamente en producción a la variedad injertada, adelanta la maduración y presenta una productividad muy elevada.

Mandarino Cleopatra

Tercer patrón más utilizado en España. Patrón de hoja unifoliada con alas y poco vigoroso. Patrón muy tolerante a la caliza y a la salinidad, se puede emplear en suelos salinos y pobres en nutrientes. Es sensible a la asfixia radicular, por lo que no se debe utilizar en suelos con tendencia al encharcamiento. Tolerante al frío. Sensible a nematodos. Es tolerante a Tristeza pero es sensible a *Phytophthora*. Induce una productividad media-baja en la variedad injertada y puede retardar la entrada en producción.

Volkameriana

Patrón poco utilizado en España. Patrón de hoja unifoliada y muy vigoroso. Tolerante a la caliza, comportamiento intermedio a la asfixia radicular y a la salinidad. Sensible al frío. Es un patrón sensible a nematodos y *Phytophthora*. Tolerante a Tristeza. Induce una rápida entrada en producción de la variedad injertada y presenta una productividad muy alta. Es un patrón que adelanta la maduración de la fruta de la variedad injertada.

Citrange C-35

Híbrido entre naranjo Rudy Blood x *P. trifoliata* obtenido en California. Árbol de hoja trifoliada, vigoroso y de tamaño estándar, aunque en algunas plantaciones se reduce el tamaño del árbol. Es más sensible a caliza que Carrizo, presenta una respuesta intermedia a la asfixia radicular. Su resistencia al frío es similar a la de Carrizo y sensible a la salinidad. Es un patrón sensible a carencias de Zinc (Zn) y Manganese (Mn). Tolerante a nematodos, Tristeza y *Phytophthora*. Retrasa ligeramente la maduración de la fruta de la variedad injertada. Incompatible con limonero Eureka y también se ha observado algún problema con navel Fukumoto.

Citrumelo CPB 4475

Patrón de hoja trifoliada y muy vigoroso. Es muy sensible a la caliza. Presenta una gran resistencia a la asfixia radicular. Es un patrón una sensibilidad media al frío. Más tolerante a la salinidad que C. Carrizo. Resistente a nematodos. Es tolerante a Tristeza y Exocortis. Muy resistente al hongo *Phytophthora*. Retrasa la maduración de la variedad injertada, es interesante para variedades de recolección tardía. La productividad de la variedad injertada es alta, aunque en ocasiones puede afectar al tamaño final del fruto. Excelente patrón para suelos ácidos y muy bajos en cal.

Fornier-Alcaide Nº 5

Patrón híbrido de mandarino Cleopatra x *P. trifoliata*, obtenido en el IVIA. Presenta la hoja trifoliada y caduca. Es un patrón de tamaño estándar, muy tolerante a la salinidad y tolerante a la caliza, asfixia radicular y al frío. Es resistente al virus de la Tristeza. Tolerante a nematodos y *Phytophthora*. Induce una excelente productividad y calidad de la fruta de la variedad injertada. Patrón incompatible con limonero Eureka.

Fornier-Alcaide Nº 418

Patrón híbrido de citrange Troyer x mandarino Común, obtenido en el IVIA. Es un patrón enanizante (tamaño un 50% menor a un estándar). Permite marcos de plantación muy estrechos de 2 metros entre árboles. Posee mejor tolerancia a la caliza y a la salinidad que el citrange Carrizo. Tolerante al virus de la Tristeza. Es un patrón sensible a nematodos y al hongo *Phytophthora*. Induce una elevada productividad y excelente calidad de fruta a la variedad injertada.

Fornier-Alcaide V17

Está previsto que el IVIA entregue material vegetal de este patrón a los viveros para empezar la producción a nivel comercial. Es un híbrido entre *C. volkameriana* y *P. trifoliata*. Tolerante al virus de la Tristeza y resistente al nematodo de los cítricos. Presenta buena tolerancia a la

clorosis férrica y tolerancia intermedia a la salinidad. Patrón que se caracteriza por el adelanto de la maduración de la fruta de la variedad injertada, productivo e induce una buena calidad de la fruta.

6. Consecuencias de la aplicación de la técnica de microinjerto de ápices caulinares in vitro en la citricultura española

Los virus, viroides, algunas bacterias, micoplasmas y fitoplasmas causan enfermedades en los cítricos que son transmisibles por injerto produciendo daños económicos muy importantes en la mayoría de las zonas cítricas y pueden convertirse en un factor limitante de la producción. El control de estas enfermedades únicamente se puede realizar con medidas preventivas, para lo cual es imprescindible la utilización de plantas sanas en las nuevas plantaciones. La obtención de plantas sanas a partir de plantas enfermas se puede abordar mediante diferentes técnicas. La metodología utilizada en el pasado era la selección de plantas nucelares obtenidas a partir de la germinación de semillas poliembriónicas de genotipos apomícticos (Navarro y Juárez, 2005). La embrionía nucelar se basa en el hecho de que la mayoría de los patógenos de cítricos no se transmiten por semilla, las plantas obtenidas por germinación de los embriones nucelares no están infectadas por los patógenos que afectan a la planta madre y son genéticamente idénticas a la misma. Esta técnica tiene limitaciones muy importantes debido a que no puede aplicarse a las variedades monoembriónicas, como los cidros, pummelos y algunos mandarinos, como las clementinas, y además las plantas obtenidas presentan caracteres juveniles. La termoterapia es una técnica que se ha utilizado para la obtención de plantas libres de patógenos sin características juveniles. Consiste en tratar las plantas infectadas a elevadas temperaturas (38-40°C) durante varias semanas para inactivar a los patógenos, aunque no es efectiva para la eliminación de determinados patógenos resistentes a altas temperaturas como los viroides (Navarro y Juárez, 2005).

La técnica del microinjerto de ápices caulinares in vitro (Navarro *et al.*, 1975) permitió resolver esta problemática y obtener plantas sanas a partir de plantas infectadas y sin características juveniles. Se basa en el hecho de que las zonas meristemáticas de los ápices caulinares de las plantas suelen estar libres de patógenos aunque el resto de las células de la planta estén infectadas y en que las técnicas de cultivo de tejidos in vitro permiten injertar (en el interior de tubos de ensayo) ápices caulinares de tamaño muy pequeño (0,1-0,2 mm) en plántulas de patrones de cítricos obtenidas por germinación de semillas in vitro, permitiendo la regeneración de plantas completas a partir de estos ápices microinjertados (Figura 78). De esta manera es posible la obtención de plantas sanas, idénticas a la planta original y sin características juveniles ya que normalmente florecen y producen frutos en 1-2 años después del injerto.

El desarrollo de esta metodología permitió que en 1975 se estableciera en España el Programa de Mejora Sanitaria de Variedades de Cítricos (CVIPS) con el fin de obtener plantas libres de patógenos de todas las variedades comerciales cultivadas en nuestro país, establecer de una colección protegida con las plantas sanas y distribuir material de las mismas a los viveros de cítricos a través de un riguroso sistema de certificación que se estableció en 1976 para garantizar que el estado sanitario de las variedades se mantuviera durante el proceso de propagación comercial. Posteriormente, en 1982, se desarrolló un nuevo procedimiento de cultivo in vitro

que permitió el establecimiento en el IVIA la estación Nacional de Cuarentena de cítricos para poder importar nuevas especies y variedades de cítricos de otros países sin los riesgos de introducir plagas y enfermedades exóticas (Navarro 1976, 1984, 1993). El proceso de saneamiento y de cuarentena de cítricos incluye la obtención de plantas mediante la técnica de microinjerto para la eliminación de patógenos y el diagnóstico de las plantas resultantes para comprobar que la técnica ha sido eficaz para la eliminación de cada uno de los patógenos incluidos en estos programas. El diagnóstico se realiza usando dos procedimientos distintos complementarios (biológico y molecular) para garantizar la sanidad de las plantas obtenidas, ya que pueden convertirse en plantas madre de las que se propagan millones de plantones (Navarro y Juárez, 2007).



Figura 78. Planta obtenida a partir del microinjerto de ápices caulinares in vitro.

En el Programa de Mejora Sanitaria de Variedades de Cítricos se han incluido más de 900 genotipos que engloban variedades de interés comercial a nivel mundial y una elevada representación de la diversidad genética de los cítricos y géneros afines imprescindible para los programas de mejora genética e investigación. La colección protegida de plantas sanas del IVIA se utiliza como fuente de material sano para su propagación en todos los viveros nacionales y producir plantones certificados. Las primeras plantas se suministraron en 1982 y desde entonces se han vendido más de 150 millones de plantones certificados, lo que ha supuesto la completa renovación de nuestra citricultura. Además, las enfermedades que afectaban a nuestra citricultura a mediados de los años 70 del siglo pasado, prácticamente han desaparecido y hay un elevado número de variedades para su propagación. Un claro ejemplo de la importancia del programa en la estructura varietal de cítricos es la variedad Lane Late, mutación de Washington Navel originada en Australia. Esta variedad se decidió introducir a través de la Estación de Cuarentena del IVIA, como consecuencia de los problemas de cultivo y producción de Navelate, que aunque produce probablemente los frutos de cítricos de mayor calidad organoléptica en el mundo, su producción es menor que otras variedades de Navel y con frecuencia tiene problemas de pequeño tamaño de fruto, por lo que tiene unos costos de producción superiores que los mercados no pagan adecuadamente y en consecuencia su cultivo ha ido disminuyendo paulatinamente. En este sentido, Lane Late es una variedad más productiva, tiene una buena calidad de fruta y un largo periodo de recolección. En 1984 se introdujo en el Programa de Mejora Sanitaria de Variedades de Cítricos a través de la Estación de cuarentena, en 1986 se

finalizó el proceso y se entregó el primer material sano a los viveros para iniciar la propagación comercial. En 1988 se comercializaron los primeros plantones certificados y actualmente se estima que se han vendido más de 16 millones de plantas certificadas. Esta variedad prácticamente ha desplazado en las nuevas plantaciones a la Navelate, pero de forma inicialmente inesperada a la Washington Navel. Este ejemplo, del que casi nadie habla, da una idea del impacto en la disponibilidad de nuevas variedades que ha tenido y sigue teniendo este Programa en nuestra citricultura. Uno de los aspectos importantes del mismo es que, de forma pionera y adelantándose a su tiempo, decidió establecer los mecanismos para permitir que variedades protegidas particulares pudiesen sanearse e introducirse en nuestro país. Esto ha permitido que la gran mayoría de las variedades de interés existentes en el mundo se encuentren actualmente en España, incluso muchas que aún están en fase de experimentación y que aún no se propagan comercialmente. El programase ha convertido en un modelo que se utiliza en la mayoría de los países citrícolas.

Además de la disponibilidad de variedades, en el programa hay que resaltar que la sanidad de la citricultura española es excelente en comparación con las de la mayoría del resto de países y las enfermedades no causan daños significativos, lo que tiene un tremendo impacto económico. No obstante, el mantenimiento de esta privilegiada situación no está garantizado y dependerá de que se evite la introducción de nuevas enfermedades con importaciones ilegales de variedades y de que no se relajen las medidas legales de control de todo el proceso, algo que ya está sucediendo con las nuevas directrices comunitarias sobre el programa de certificación. Además, será necesario que se mantenga la estrecha colaboración del IVIA, de los organismos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y de las CCAA responsables de la sanidad exterior y del control de la certificación de plantas de vivero, así como de las empresas que se dedican a la selección e importación de variedades y a los viveros autorizados de cítricos que realizan la propagación comercial de plantas certificadas.

7. Técnicas para la obtención de nuevas variedades de mandarino sin semillas que se están utilizando en el IVIA

La producción de mandarinas españolas, se ha caracterizado por ofrecer al mercado frutos sin semillas. Mientras se cultivaron variedades de naranjo del grupo navel y mandarinos del grupo de las clementinas y satsumas, la presencia de semillas en los frutos era anecdótica, fundamentalmente debido a la nula o escasa viabilidad de los gametos masculinos y femeninos de las náveles y satsumas. Con la introducción de los híbridos diploides de mandarino junto con la presencia de insectos polinizadores como las abejas, originó la polinización cruzada entre las clementinas y los híbridos tipo mandarino, provocando la aparición de semillas en los frutos de ambos grupos de variedades (en valenciano “pinyolà”) provocando un gran problema comercial ya que los consumidores no aceptan los frutos con semillas.

Desde el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), equipos de investigadores se pusieron a trabajar para obtener variedades de mandarino que ni polinicen ni puedan ser polinizadas. Ante esta situación se abrieron dos líneas de investigación, la obtención de nuevas variedades de mandarino mediante irradiación y se comenzó un programa de mejora genética de cítricos dirigido hacia la obtención de híbridos triploides.

La inducción de mutaciones mediante irradiación se ha realizado desde principios del siglo pasado siendo la irradiación con rayos gamma la metodología más utilizada. Este tipo de radiación ionizante puede inducir un amplio rango de tipos de mutaciones como ruptura de cromosomas, reorganizaciones cromosómicas y mutaciones puntuales y como consecuencia de estas anomalías cromosómicas las plantas irradiadas pueden presentar muy pocas semillas o incluso llegar a ser completamente sin semillas (Roose y Williams, 2007). Esta estrategia es adecuada para ser utilizada cuando es esencial mantener las características de una variedad preexistente y modificar uno o un número muy reducido de caracteres. Ejemplos recientes de variedades obtenidas por esta metodología son Tango (obtenida a partir de Nadorcott), Orri (obtenida a partir de Orah) y Murina (obtenida a partir de Murcott), entre otras. La tecnología necesaria para la inducción de mutantes es simple y existen diferentes compañías en muchos países que ofrecen este servicio a precios muy bajos. No es necesario el conocimiento de la base genética que controla el carácter o los caracteres de interés y además los árboles resultantes no presentan características juveniles. La evaluación de las plantas obtenidas se puede realizar en plantaciones con una elevada densidad de plantación y la selección se puede realizar también de una forma más rápida en comparación con los métodos clásicos o convencionales. La principal desventaja es la necesidad de evaluar un número muy elevado de plantas para encontrar la mutación o mutaciones deseadas que se originan aleatoriamente y además pueden presentar cierta inestabilidad (epigenética y quimeras) lo que implica su evaluación durante varios ciclos de propagación hasta que la nueva variedad sea estable. Las variedades diploides irradiadas de mandarina que reducen de forma significativa la presencia de semillas y que actualmente se comercializan a través de viveros autorizados, son: Nero, Nulesín, Neufina, Moncalina y Murina obtenidas en el IVIA, Mandanova, Tango, Leanri, Spring Sunshine y Orri se han obtenido por otros centros de investigación u otras entidades.

Desde el año 1995, el IVIA desarrolla un amplio programa de mejora genética de mandarinos a nivel triploide ya que los híbridos triploides presentan muy baja fertilidad y generalmente no producen semillas ni inducen la formación de semillas en otras variedades por polinización cruzada (Navarro *et al.*, 2015). Además, son respetuosos con el medio ambiente al ser compatibles con la presencia de abejas en las plantaciones contribuyendo a que los cítricos no sean una causa más en la disminución de las poblaciones de estos insectos imprescindibles para la producción agrícola. Los híbridos triploides se pueden obtener mediante hibridaciones entre parentales diploides ($2x \times 2x$) o entre parentales diploides y tetraploides ($2x \times 4x$ o $4x \times 2x$) (Figura 79). En el programa tiene un papel fundamental el desarrollo de conocimientos científicos y biotecnológicos, como son el estudio de la genética de plantas poliploides, la aplicación de técnicas de cultivo *in vitro* para el rescate y germinación de los embriones triploides, el desarrollo de una metodología eficiente para analizar el nivel de ploidía de las plantas obtenidas mediante citometría de flujo, (Figura 80), así como el conocimiento de la herencia genética de caracteres de interés. Además, se han desarrollado marcadores moleculares que permiten la selección temprana de híbridos que presenten características deseadas, como es el caso de la selección de híbridos resistentes al hongo *Alternaria alternata* (Cuenca *et al.*, 2013; 2016) y de híbridos que presenten coloración rojiza en sus frutos debido a la acumulación de antocianos (Butelli *et al.*, 2012; Garcia-Lor *et al.*, 2014). Estos marcadores moleculares permiten la selección de los híbridos de interés en estado de plántula, evitando así el cultivo y evaluación de miles de híbridos que no presenten los caracteres deseados. El largo periodo juvenil que presentan los

3. Cultivos

cítricos es otro problema importante en la evaluación y selección de nuevos híbridos de interés, así como en la utilización de nuevos genotipos como parentales para la producción de nuevos híbridos. Dentro del programa se ha desarrollado un vector viral basado en el genoma del Citrus Leaf Blotch Virus (CLBV) que expresa el gen FLOWERING LOCUS T (FT) e induce la floración temprana de plantas juveniles de cítricos a partir de los cuatro meses de ser inoculadas (Velázquez *et al.*, 2016). De esta forma, las plantas juveniles inoculadas y seleccionadas con marcadores moleculares se pueden utilizar rápidamente como nuevos parentales para la obtención de híbridos triploides.

Como resultado de este amplio programa, se han obtenido cerca de 19.000 híbridos triploides utilizando estrategias de cruzamientos sexuales entre parentales diploides y entre parentales diploides y tetraploides. Los híbridos obtenidos se encuentran actualmente en diferentes fases de evaluación y experimentación, se han incluido en el registro de variedades protegidas 24 híbridos triploides y otros híbridos como Garbí (Aleza *et al.*, 2010) y Safor (Cuenca *et al.*, 2010) ya fueron liberados al sector citrícola en junio de 2008, en 2020 se liberó Matiz y se prevé que en futuro próximo se libere Alborea (Cuenca *et al.*, 2020).

El conocimiento generado y las técnicas desarrolladas durante más de 20 años de programa permiten seleccionar las estrategias y las combinaciones parentales adecuadas para la obtención de híbridos triploides con determinadas características. Además, en el IVIA se ha desarrollado un nuevo sistema de experimentación de variedades de cítricos dirigido a la experimentación y liberación de las nuevas variedades de cítricos obtenidas en los programas de mejora genética del IVIA que pretende implicar al sector citrícola en la evaluación y experimentación de las mismas lo que permitirá ampliar el conocimiento de su comportamiento agronómico en diferentes áreas geográficas y sometidas a diversas técnicas de cultivo antes de ser liberadas. Actualmente están incluidos en el sistema de experimentación los híbridos triploides Omet (IVIA TRI-7), IVIA TRI-707, IVIA TRI-703, IVIA TRI-705, IVIA TRI-750 e IVIA TRI-751. Para más información sobre las características de estos híbridos consultar la siguiente dirección web: <http://www.ivia.gva.es/va/material-del-ivia>

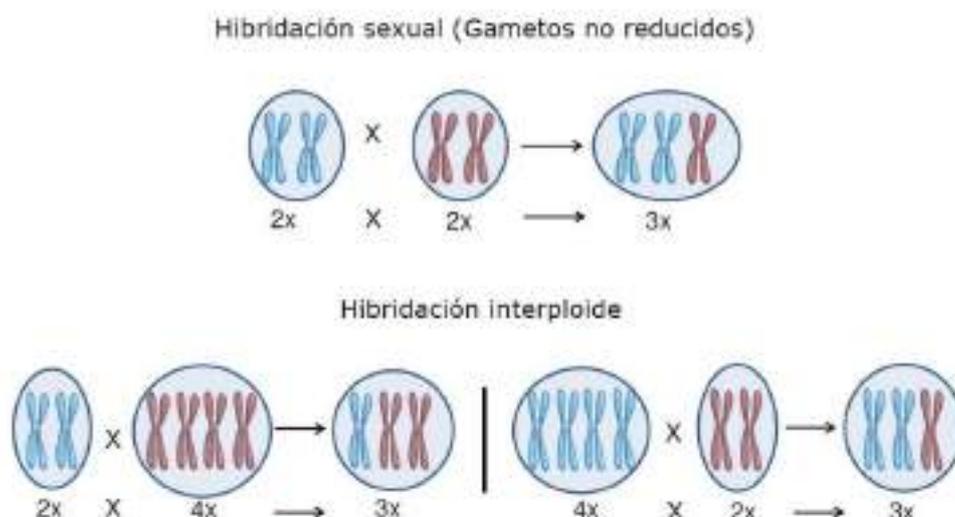


Figura 79. Estrategias para la obtención de híbridos triploides

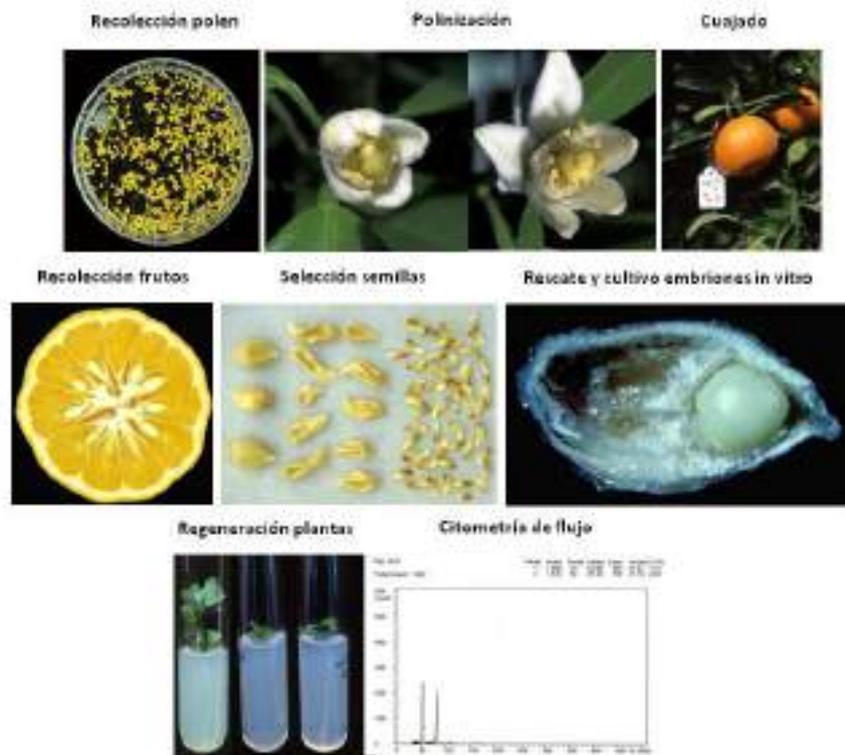


Figura 80. Etapas del programa de mejora genética dirigido a la obtención de híbridos triploides de mandarina.

Bibliografía

- Abad, V. (1984). Historia de la Naranja 1781-1939. Editorial: Comité de Gestión de la Exportación de Frutos Cítricos., 1984. Ensayo. Agricultura. Ecología. Valencia, España.
- Agustí, M. (2000). Introducción. En: M. Agustí (Ed.), Citricultura (pp.19-37). Mundi-Prensa.
- Aleza, P.; Cuenca, J.; Juárez, J.; Pina, J.A.; Navarro, L. (2010). 'Garbi' mandarin: a new late-maturing triploid hybrid. HortSci 45(1):139-141
- Asins, M.J.; Herrero, R.; Pina, J.A.; Carbonell, E.A.; Navarro, L. (1996). Genetic relationship in Citrus and related genera. En Proceedings of 8th International Citrus Congress. International Society of Citriculture, Sun City, South Africa. 1: 248-253.
- Barret, H.C.; Rhodes, A.M. (1976). A numerical taxonomic study of the affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives. Systematic Botany. 1: 105-136.
- Barry, G.H.; Gmitter, Jr. F.G.; Chen, C.; Roose, M.L.; Federici, C.T.; McCollum, G.T. (2015). Investigating the Parentage of 'Orri' and 'Fortune' Mandarin Hybrids. Acta Hort. 1065, 449-456.
- Butelli, E.; Licciardello, C.; Zhang, Y. *et al.* (2012). Retrotransposons control fruit-specific, cold-dependent accumulation of anthocyanins in blood oranges, Plant Cell 24(3):1242-1255

3. Cultivos

- Cuenca, J.; Aleza, P.; Garcia-Lor, A.; Ollitrault, P.; Navarro, L. (2016). Fine mapping for identification of citrus *Alternaria* brown spot candidate resistance genes and development of new SNP markers for marker-assisted selection. *Front Plant Sci* 7:1948.
- Cuenca, J.; Aleza, P.; Juárez, J.; Pina, J.A.; Navarro, L. (2010). 'Safor' mandarin: a new citrus midlate triploid hybrid. *HortSci* 45:977–980
- Cuenca, J.; Aleza, P.; Vicent, A.; Brunel, D.; Ollitrault, P.; Navarro, L. (2013). Genetically based location from triploid populations and gene ontology of a 3.3-Mb genome region linked to *Alternaria* brown spot resistance in citrus reveal clusters of resistance genes. *PLoS ONE* 8:e76755.
- Cuenca J, Garcia-Lor A, Juárez J, Pina JA, Navarro L, Aleza P. 2020. Alborea: A New Mid-late Mandarin Triploid Hybrid [(Citrus clementina × C. tangerina) × (C. nobilis × C. deliciosa)]. *HortScience* 55(8); 1387-1392. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15109-20>
- Federici, CT, Fang, DQ, Scora, RW, Roose, ML. 1998. Phylogenetic relationships within the genus Citrus (Rutaceae) and related genera as revealed by RFLP and RAPD analysis. *Theoretical and Applied Genetics*. 96: 812-822.
- García-Lor, A.; Curk, F.; Morillon, R.; Ancillo G.; Luro, F.; Navarro, L.; Ollitrault, P. (2013). Nuclear phylogeny within Citrus (Rutaceae) and four related genera. *Annals of Botany*. 111(1): 1-19.
- García-Lor, A.; Hernández, M.; Aleza, P.; Cuenca, J.; Ollitrault, P.; Navarro, L. (2014). Selección asistida por marcadores moleculares en cítricos. VII Congreso de Mejora Genética de Plantas. Zaragoza 16-18 septiembre 2014. *Actas de Horticultura* 69: 53-54
- García-Lor, A.; Luro, F.; Navarro, L.; Ollitrault, P. (2012). Comparative use of InDel and SSR markers in deciphering the interspecific structure of cultivated citrus genetic diversity: a perspective for genetic association studies. *Mol Genet Genomics*, 287(1):77–94.
- Herrero, M. (1929). Variedades de grape-fruit. *Agricultura*. 1: 322-324.
- Herrero, M. (1973). Introducción de la naranja navel en España. *Levante Agrícola*. 136, 9.
- Luro, F.; Rist, D.; Ollitrault, P. (2001). Evaluation of genetic relationships in Citrus genus by means of sequence tagged microsatellites. En: *Proceedings of the International Symposium on Molecular markers for characterizing genotypes and identifying cultivars in Horticulture*. *Acta Horticulturae*. 546: 537-542.
- Mabberley, D.J. (1997). A classification for edible Citrus (Rutaceae). *Telopea*. 7: 167-172.
- MAPA (2021). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2019/default.aspx?parte=3&capitulo=07&grupo=8&seccion=1>
- Navarro, L.; Aleza, P.; Cuenca, J.; Juárez, J.; Pina, J.A.; Ortega, C.; Navarro, A.; Ortega, V. (2015). The triploid mandarin breeding program in Spain. *Acta Hort* 1065:48
- Navarro, L.; Juárez, J. (2007). Shoot-tip grafting in vitro. En: Khan IA. (Ed.) *Citrus genetics, breeding and biotechnology*. Wallingford: CABI, 353– 364

- Navarro, L.; Roistacher, C.N.; Murashige, T. (1975). Improvement of shoot tip grafting in vitro for virus-free citrus. *Journal American Society Horticultural Sciences* 100:471-479.
- Navarro, L. (1976). The Citrus Variety Improvement Program in Spain. En: E.C. Calavan (Ed.) (pp. 198-203) *Proc. 7th Conf. Int. Org. Citrus Virol., IOCV, Riverside*.
- Navarro, L. (1993). Citrus sanitation, quarantine and certification programs. En: P. Moreno, J.V. da Graça and L.W. Timmer (Eds.) (pp. 383-391) *Proc. 12th Conf. Int. Org. Citrus Virol., IOCV, Riverside*.
- Navarro, L.; Juárez, J. (2005). Microinjerto de ápices caulinares de cítricos in vitro. *Phytoma* 170: 6-13.
- Nicolosi, E, Deng, ZN, Gentile, A, La Malfa, S, Continella, G, Tribulato, E. 2000. Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 100: 1155-1166.
- Ollitrault, P.; Terol, J.; Garcia-Lor, A.; *et al.* (2012). SNP mining in *C. clementina* BAC end sequences; transferability in the Citrus genus (Rutaceae), phylogenetic inferences and perspectives for genetic mapping. *BMC Genomics*, 13:13.
- Roose, M,L.; Williams, T.E. 2007. Mutation breeding in Citrus. En: Khan, I. A. (Ed.), *Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology*. (pp. 345–52) CAB International, Wallingford, UK.
- Scora, R.W. (1975). On the history and origin of citrus. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 102: 369-375.
- Soler, J.; Soler G. (2006) *Cítricos. Variedades y técnicas de cultivo*. (Ed.) Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Velázquez, K.; Agüero, J.; Vives, M.C.; Aleza, P.; Pina, J.A.; Moreno, P.; Navarro, L.; Guerri, J. (2016). Precocious flowering of juvenile citrus induced by a viral vector based on citrus leaf blotch virus: a new tool for genetics and breeding. *Plant Biotech J* 14(10):1976–1985.
- Wu, A.G.; Prochnik, S.; Jenkins, J.; *et al.* (2014). Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication. *NatBiotech-nol*, DOI:10.1038/nbt.2906.
- Wu, G.A.; Terol, J.; Ibanez, V.; *et al.* (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature*, 15;554(7692):311-316. doi: 10.1038/nature25447.
- Zaragoza, S. (2007). Aproximación a la historia de los cítricos. Origen, dispersión y evolución de su uso y cultivo. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Departamento de Producción Vegetal. Valencia. España.

 100%
NACIONAL

pe25iMon®

BOUQUET

1997-2022

KAKI PERSIMON BOUQUET

La naturaleza es sabia.
Nosotros también.

RACIONES
DE VIDA PARA
EL CAMPO

25 años

Cultivando futuro
con la fruta estrella
de otoño

Gracias al saber
hacer de nuestros
agricultores

Gracias a tu
sabia elección



3.6. Bouquet Persimon. Un paradigma en innovación

Francisco Borrás

paco@pacoborras.com

Consultor

Índice

1. Introducción
- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Datos mundiales 2000-2020
2. Persimon Bouquet. Una historia, un producto
3. Claves de su éxito comercial
4. La innovación en el Kaki Persimon Bouquet
5. El futuro

Resumen

Asignar un carácter "conservador" al mundo hortofrutícola es un tópico bastante extendido, que por otra parte tiene su parte de lógica porque la agricultura, fue después de la etapa de cazadores recolectores la primera gran revolución de nuestros abuelos, en el delta del Tigris y el Éufrates cerca de 10.000 años antes de nuestra era. Es cierto que hasta hace algunas décadas seguíamos usando el arado romano en España. Pero también lo es que cuando repasamos mentalmente como ha cambiado la oferta en los lineales de las tiendas en las últimas décadas, y empezamos a contar la cantidad de nuevos productos nos vamos a descontar. Y uno de los que ha llenado de color en otoño las estanterías de las fruterías o de los supermercados ha sido el Persimon.

En este capítulo hacemos un repaso por algunas de las vicisitudes "innovadoras", que han confluído para convertir un producto que teníamos en una esquina de nuestros campos de forma totalmente anecdótica, en una nueva fruta que está llegando a los consumidores de muchos países. El sentido común, la observación y la genialidad de algunos agricultores combinada con la tecnología aportada por profesionales y centros de investigación lo han hecho posible. El kaki Persimon es un buen paradigma del cruce innovador del campo y la ciencia. Y Bouquet lo puso en el mercado.

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Hasta finales del siglo pasado el kaki en España era un producto que se caracterizaba por su consumo doméstico. Dadas las características de esta fruta, dicho consumo debía realizarse necesariamente blando, una vez sobrepasada con creces su madurez fisiológica ya que, en condiciones de dureza manejable comercialmente, los taninos presentes en el fruto hacían que este fuera incomible. Como consecuencia de este difícil manejo, su comercio internacional era prácticamente nulo. Únicamente era una excepción la variedad 'Triumph' más conocida comercialmente como 'Sharon' con origen en Israel, y ello gracias a que habían aplicado una tecnología para eliminar la astringencia del fruto, desarrollando asimismo técnicas de conservación que les permitió exportar desde Israel fundamentalmente a Europa y a algunos países de Asia. Si bien, los volúmenes nunca superaron las 15.000 t.

En Japón, Corea y China, la práctica del cultivo del kaki es muy antigua. De hecho, los aprovechamientos del fruto no solo han servido como aporte nutricional, también han sido incorporados a otros usos tales como medicina tradicional, nutracéuticos, etc (Li, 2013), mostrando así su larga tradición en el cultivo y aprovechamientos. De entre ellos, cabe destacar el hábito del secado del fruto para su conservación y consumo a lo largo del invierno, como aporte de nutrientes durante todo este periodo (Wang et al 2013).

La producción del kaki, según los datos de FAO, ha pasado de 1.000.000 t alrededor de 1980 a cerca de 5.000.000 en 2020. China mantiene desde siempre el liderazgo en la producción, manteniendo en estos momentos el 66% de la producción mundial en su territorio continental, con un destino casi exclusivamente dirigido al consumo doméstico.

1.2. Datos mundiales 2000-2020

La producción global del kaki no ha experimentado el mismo nivel de crecimiento en todos los países productores, en la Figura 1, se puede observar cómo ha sido esa evolución en algunos de los países más relevantes.

Lo primero que se observa, es que cuatro países, Corea, Japón, Italia e Israel, están estabilizados en sus producciones, disminuyendo la producción paradójicamente en Japón, un país con gran tradición en el cultivo y usos de éste.

Por otra parte, en dos antiguas Repúblicas Soviéticas, Azerbaiyán y Uzbekistán la producción ha crecido sensiblemente. La razón clave de este crecimiento, ha sido el mercado que han encontrado en su antigua metrópoli, la Federación Rusa. El embargo decretado en 2014 a las frutas de la Unión Europea, fue un factor decisivo que provocó el incremento de la producción en estos países, ya que la Federación Rusa era uno de los principales mercados para los kakis españoles. Aunque los kakis no son de la misma variedad ni tienen la misma presencia, al final son kakis y la demanda ya existía, por lo que se aprovecharon de este hueco en el mercado.

Brasil ha experimentado un gran crecimiento desde la entrada en este siglo. La razón está en la cultura japonesa que mantienen los 2.000.000 de japoneses que viven en Brasil. Son descendientes de los inmigrantes de principios del siglo XX que han mantenido costumbres y relaciones con sus orígenes, transportando a Brasil la cultura y el cultivo del kaki. En estos

momentos prácticamente la totalidad de su producción tiene como destino su mercado doméstico. No obstante, la producción brasileña en contra-estación con la española, puede suponer una interesante oportunidad de negocio probablemente en ambos sentidos.

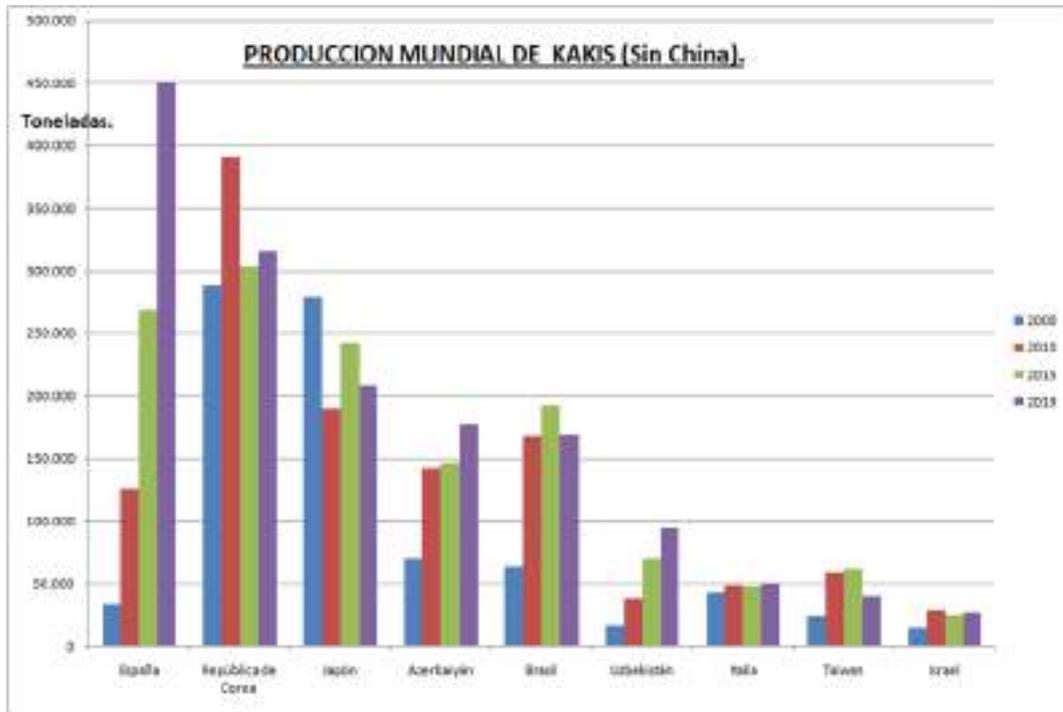


Figura 1. Evolución de la producción en los principales países productores. Fuente: FAOSTAT 2020

Pero sin lugar a dudas lo que salta a la vista en este cuadro son los datos productivos de España. En solo 20 años España ha pasado de 33.000 t a 450.000 t de producción. La particularidad de este gran crecimiento es que se ha realizado prácticamente en una provincia determinada, Valencia, y dentro de ella en una comarca, en la Ribera del Xúquer. Aunque en otras comarcas vecinas también se ha introducido el cultivo, pero sin tanta intensidad.

En dicha comarca ya existía la tradición del cultivo del kaki, aunque la mayoría eran árboles diseminados que los agricultores utilizaban para su autoconsumo. Poca producción era comercializada, y en caso de realizarse, se hacía en mercados locales o comarcales y con una variedad local, el 'picudo'. Al principio de los años 70 del pasado siglo, se empezaron a realizar plantaciones regulares de una mutación del 'picudo', surgida por la abundante producción existente en ese momento y consecuentemente por la demanda de mayores tamaños de fruto, que gracias al seguimiento de algunos agricultores y de los servicios de Extensión Agraria de la Oficina de Carlet, se identificó y catalogó adecuadamente como 'Rojo Brillante'. Esta variedad es la razón clave del crecimiento de la producción de kakis española.

Aunque existen producciones en otras zonas de España, no han tenido un desarrollo productivo comparable a lo acontecido en Valencia y concretamente en la "Ribera del Xúquer". En Huelva, se mantienen producciones relevantes de 'Triumph' (Sharon), y en otras zonas clásicas productivas como el Alto Palancia, que tenían una variedad local, el 'tomatero' (Carbo y Vidal, 1976), se han mantenido e incrementado las plantaciones, pero sustituyendo las variedades locales por 'Rojo Brillante'.

3. Cultivos

Este gran crecimiento, aunque obstaculizado de forma dramática por el embargo ruso, se ha conseguido gracias a un importante incremento en la exportación como se observa en la Figura 2.

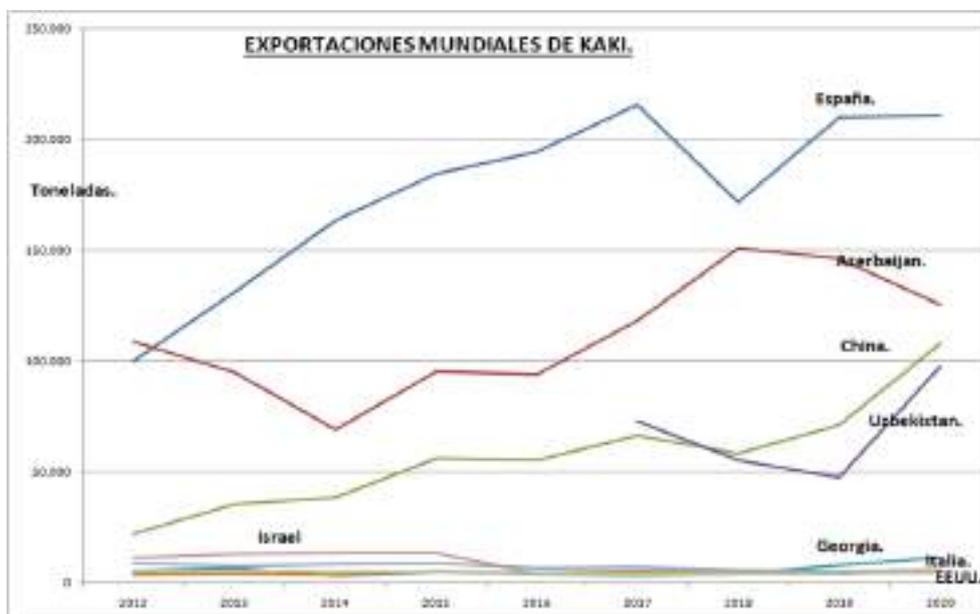


Figura 2. Evolución de las exportaciones de los principales países productores. Fuente: TRADEMAP

Las cifras de Israel se reducen, Italia y EEUU bajan, manteniéndose en niveles muy pequeños, las ex-repúblicas soviéticas crecen, siendo su destino principal la Federación Rusa. China ha desarrollado un comercio exterior básicamente con sus vecinos Vietnam y Tailandia (aunque también estos países mantienen pequeñas producciones).

España, aunque tiene a la Unión Europea como principal destino de sus exportaciones con el 81% de sus envíos, exporta el 6% al resto de Europa, un 4,4% a los Países Árabes, el 3,4% a América, un 2,3 % a África y un 1,6% al Lejano Oriente. En total España exportó a 67 países en el año 2020. Un esfuerzo de este calado solo es explicable por el músculo exportador que ha desarrollado España, así como sus estructuras comerciales, que la han convertido en líder mundial en las exportaciones de frutas y hortalizas.

Pero entender este crecimiento tan rápido solo es posible conociendo la historia del "PERSIMON BOUQUET", todas sus interrelaciones y contribuciones desde diferentes ámbitos, que han propiciado su liderazgo dentro del sector, comercializando en este momento el 40% de los kakis producidos en España y con una cuota de exportación española, rozando el 50% para este producto.

En los primeros años de esta historia, el camino fue mayoritariamente abierto por el Persimon Bouquet.

2. Persimon Bouquet. Una historia, un producto

En 1994, las cooperativas de L'Alcúdia y Carlet tenían una pequeña producción de Kaki y con el apoyo de Anecoop (líder en exportación hortofrutícola), acordaron iniciar un proceso ordenado de comercialización. Durante tres campañas se comercializa el Classic (kaki blando tradicional).

Mientras tanto se van investigando y testando diferentes métodos para obtener un fruto comestible y sin astringencia, pero que no perdiera la firmeza del producto. Un proceso similar al que habían conseguido en Israel con el 'Sharon'. Este proceso tan importante fue llevado a cabo contando con la colaboración inestimable del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) y bajo la supervisión y diseño del Dr. D. Miguel Ángel del Río (+),

En 1997, se inicia la comercialización en paralelo de los dos productos, el Classic y el denominado como “duro”.

Anecoop inicia sus primeras cargas dirigidas al mercado europeo con este novedoso “kaki que se come duro”. Por otra parte, Anecoop también realizó durante un año la búsqueda de un nombre que los distinguiera claramente, decidiéndose al final por el vocablo “Persimon®”, dada su afinidad con la denominación inglesa de Persimmon. En estos momentos la denominación Persimon® es una marca registrada por la “D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer”.

También en el año 1997 se constituye la “Denominación de Origen Protegida Kaki Ribera del Xúquer”, impulsada desde la Conselleria de Agricultura por el entonces titular de la Secretaría Autonómica de Agricultura, D. Cirilo Arnandis, a la par Presidente de la Cooperativa de L'Alcúdia y siendo Custodio Mendoza (+), Presidente de la Cooperativa de Carlet y también primer presidente de la “D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer” (Vendrell, 2017). Estas dos personas fueron claves en la energía y visión en el producto, en una época que era un fruto totalmente desconocido para la distribución organizada.

En abril de 1998 Anecoop organiza su 4º Meeting Bouquet para presentar a sus clientes europeos el producto con un mensaje básico, “una fruta, con dos tipos de consumo”. Una fruta que procede del mismo árbol y de una misma variedad, pero que, siguiendo dos procesos de maduración diferentes, dan lugar a dos formas de consumo diferentes (Figura 3)



Figura 3. Dos formas de consumo. Fuente Anecoop

Siguen años de consolidación, de esfuerzo comercial, de divulgación para darlo a conocer. Se avanza en la penetración en el mercado, con un gran apoyo en promoción para incorporar este nuevo producto (al fin una innovación), con inversiones anuales que entre las aportaciones a través de la “D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer” y la propia Anecoop (con sus cooperativas asociadas)

suponían cerca del 6 % del valor de la venta. En ningún otro producto llegó a plantarse nunca esta inversión.

Se diseñó una completa estrategia para el producto desde el cultivo hasta su puesta en el mercado. En 2007 Anecoop crea junto con las cooperativas productoras, el “GRUPO PERSIMON”, como una estructura orgánica dentro de las Cooperativas y de Anecoop, con el fin de gestionar el producto de forma ordenada (Vendrell, 2017). Ya se vislumbraba el crecimiento en las producciones y la necesidad de seguir investigando con objeto de ampliar la ventana de comercialización y no colapsar el mercado.

3. Claves de su éxito comercial

En todos los productos que se han consolidado, siempre hay un factor imprescindible que en este caso se cumplía: las características morfológicas y organolépticas del 'Rojo Brillante', superaban con creces a otras variedades de fruta similar existente en los lineales ('Triumph'), junto con la posibilidad de eliminar la astringencia. Dos hechos fundamentales e inseparables para el éxito de este producto.

El consumidor habitual del kaki tradicional, al ver en el lineal el Persimon®, pensaba que estaba aún inmaduro y que tenía que dejarlo madurar naturalmente hasta que se hiciera blando totalmente, ya que así era como se había consumido toda la vida (principalmente el mercado turco y árabe que empezaron a consumirlo). El consumo tradicional fuertemente arraigado estaba impidiendo el desarrollo de este nuevo producto (duro y comestible). Por otra parte, si el consumidor no lo conocía, como ocurría en la mayoría de los países no productores de nuestro principal mercado (Europa), se tenía que presentar a la cadena de distribución como un nuevo producto. Los consumidores debían probarlo, comprarlo y para ello se debía de convencer a toda la Distribución de su interés comercial y su potencialidad.

El kaki es una fruta de otoño que comparte lineal con otros muchos productos hortofrutícolas. Entre ellos como exótico se incluye la granada, pero no supuso un gran inconveniente dada la dificultad de esta última para su consumo. El kaki Persimon® era tan sencillo de consumir como el Melocotón, la manzana o el mango. Y se puede comer con o sin piel.

Se contó con una ayuda clave, la marca Bouquet, como marca diferencial de especialidad de producto y calidad. Esta marca se había puesto a punto para la comercialización de la Sandía sin Pepitas, cuyo cultivo y desarrollo había precedido unos años antes al kaki y siguió potenciándose en los sucesivos Meetings Bouquet que se organizaron. Este distintivo de calidad, con el tiempo incorporó a otros productos, permitiendo el lanzamiento del kaki bajo esta marca en el IV Meeting, lo que le abrió rápidamente la puerta de muchos clientes.

La otra clave del éxito comercial fue la constitución del “Grupo Persimon®” dentro de Anecoop, concentrando la oferta de sus Cooperativas asociadas, así como estableciendo un estándar de calidad común a todas ellas, lo que facilitaba la toma de decisiones comerciales y el mantenimiento de una disciplina productiva y de calidad dentro de las Cooperativas integradas en el “Grupo Persimon®”.

Un tercer elemento clave en este proceso fue la “D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer”, que desde el primer momento apostó por la estrategia de la promoción para abrir mercados, junto con un claro apoyo a la investigación para ampliar el calendario de comercialización. Su labor fue y sigue siendo clave para combinar, la aportación directa de las empresas inscritas en la “D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer”, con la aportación del 1% del valor de las ventas de Anecoop, es decir, la contribución de los productores, con las ayudas ofrecidas desde el primer momento, por la Generalitat Valenciana y el ICEX y posteriormente con los programas cofinanciados desde Bruselas tanto para su promoción en la Unión Europea, como en países terceros. Creando así un entorno adecuado tanto para la comercialización del producto, como para la realización de estudios conducentes a incrementar el conocimiento sobre tecnologías, patologías y sobre el cultivo de un producto del que apenas se sabía nada.

Durante estos años la aportación de los productores supuso más de 12 millones de € y la de las instituciones públicas cerca de 14 Millones. Una comparación rápida sitúa al Kaki Persimon® como uno de los productos en el que más se ha invertido durante los últimos años en promoción y particularmente relevante, ha sido la inversión realizada por los propios productores. Aunque es lamentable que únicamente el 40-45% de los productores están inscritos en la “D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer”. Y resulta evidente que el resto de los productores y de los comercializadores que no están integrados dentro de la “D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer”, sin ningún esfuerzo por su parte, se están beneficiando de ese trabajo promocional y de desarrollo de producto. Quizás algún día reconozcan su error que en nada beneficia al sector del kaki en su conjunto.

4. La innovación en el Kaki Persimon Bouquet

Pocos productos han tenido tanto aporte de innovación como éste, en el largo camino para llegar a su actual posición en el mercado.

Curiosamente en este caso, no existió ninguna intervención de los obtentores de variedades que trabajan en las empresas de semillas o en los viveros con líneas y técnicos trabajando en la obtención de nuevas variedades.

El desarrollo productivo y comercial del kaki, en su versión sin astringencia en España vino de la mano de los israelitas que habían desarrollado con éxito la comercialización de su variedad “Triumph” y a la que le pusieron la marca “Sharon” tras desarrollar un sistema para eliminar la astringencia del kaki con éxito. Llegaron a España por dos vías diferentes. Directamente a la empresa “Agromedina” de Huelva, que plantó una buena cantidad de hectáreas de la variedad “Triumph”, recibiendo la asesoría israelita suficiente para la conservación y el proceso de eliminación de la astringencia. Y, por otro lado, a imagen de “Agromedina”, se constituyó una empresa española, “TECNO-IEDA S.L.” (1987-88) con sede en Gibraltor (Huelva) con el objetivo de vender plantones en España y en general con la promesa de aportar la tecnología necesaria para eliminar la astringencia en cuanto los plantones entraran en producción (en estos momentos la variedad que se estaba plantando era “Triumph”). Fue en la Ribera del Xúquer y en particular en la zona de Carlet, Alginet y L’Alcúdia, probablemente debido a Cotevisa el licenciataria de la zona, donde más eco encontró la propuesta a pesar del altísimo coste de las plantas (2.000 Pts / 12€). Sin embargo, por una serie de circunstancias externas, “TECNO-IEDA S.L.” desapareció dejando inconclusa la transferencia tecnológica prometida para eliminar la

3. Cultivos

astringencia. Pero parodiando el refrán de *“No hay mal que por bien no venga”*, se despertó de forma más rápida la idea de eliminar la astringencia al *“Rojo Brillante”*, una variedad autóctona de la comarca, que como antes se ha mencionado, reunía unas características morfológicas muy superiores al *“Triumph”*, por lo que acabó siendo un producto más atractivo para el consumidor.

La carrera se desarrolló a partir de 1993-94 entre las Cooperativas de L'Alcúdia, Carlet y Anecoop S.Coop desde la parte privada. Posteriormente la *“D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer”*, el IVIA y la Universitat Politècnica de València fueron y lo son hoy en día, uno de los ejemplos paradigmáticos de cooperación público-privada aplicada a la Agricultura.

El casi total desconocimiento del cultivo, así como su *“nuevo”* aprovechamiento poscosecha, hizo necesaria la colaboración de muchas partes. No solo se debía de realizar esfuerzos en comercialización y poscosecha, sino también en el conocimiento del cultivo. El logro de este producto ha sido una combinación de esfuerzos:

- El IVIA, desde sus estudios iniciales para eliminar astringencia al kaki, pasando por todos aquellos realizados para conocer su cultivo y problemáticas, riegos, podas, plagas, labores culturales, ..., así como la conservación frigorífica y otros aspectos poscosecha.
- La colaboración en la generación de estudios por parte de los técnicos de ATRIAS, coordinados por la FECOAV, ha permitido un gran intercambio de información tanto a nivel de prácticas culturales como de plagas. Esta interrelación, ha sido y sigue siendo vital para el conocimiento y gestión del cultivo.
- Un esfuerzo comercial, como antes se ha comentado, liderado por Anecoop, aprovechando de esta forma todas sus relaciones comerciales y músculo exportador para incluir un producto, hasta entonces muy desconocido, en los lineales de las principales cadenas de supermercados de Europa.
- La constitución de la *“D.O.P. Kaki Ribera del Xúquer”*, que ha proporcionado amparo y sostén tanto al desarrollo comercial del producto, promociones, catas..., como un inestimable apoyo a la investigación.

Sería interminable enumerar la cantidad de trabajos conjuntos que se han desarrollado y se siguen desarrollando para conseguir que un producto que se recolectaba desde finales de octubre hasta finales de noviembre y extendía su comercialización durante alguna semana más, se haya convertido en un producto que se recolecta durante tres meses y se comercializa durante cuatro. Para ello se ha trabajado en sistemas de adelanto y de atraso, en podas, abonados y aclareos. Se ha evaluado todo tipo de sistemas de conservación frigorífica. Se colaboró con la empresa *“AgroFresh”* con el objetivo de colaborar en los trabajos necesarios para la autorización para kakis de *“SmartFresh®”*. Se ha realizado pruebas de cargas en contenedores a largas distancias que ha permitido llegar a países inimaginables para nuestro Kaki Classic, como Hong Kong, Canadá, Brasil o Colombia.

Pero dentro de ese largo camino donde la innovación ha surgido de la colaboración de las cooperativas con los Centros de investigación, quiero resaltar algunos casos:

- El viaje realizado en 1999 al Volcani Institute en Israel, por los presidentes de las Cooperativas de L'Alcúdia y de Carlet, el Director del Departamento de Calidad de Anecoop e investigadores del IVIA. Aclaró ideas y facilitó la puesta a punto de los sistemas de eliminación de la astringencia.

- La visita técnica a Seúl en 2007 por técnicos del IVIA, de la Universitat Politècnica de València, de las cooperativas de L'Alcúdia, Carlet y Anecoop, para conocer una zona donde el hongo *Micospharella nawae* Hiura & Ikata ya existía desde años y convivían con él. Permitió en pocas semanas conocer de cerca la problemática y regresar con una nueva perspectiva para solucionar este grave problema.
- La serie de presentaciones científicas que investigadores del IVIA y de la Universitat Politècnica de València (UPV), realizaron en sendos Congresos y sesiones realizados en L'Alcúdia (2008) y Carlet (2010), así como en congresos tanto nacionales como internacionales y en numerosas publicaciones científicas. Sería extensa la lista de las publicaciones y tesis doctorales realizadas por los diferentes institutos tecnológicos (principalmente IVIA y UPV) alrededor del kaki "Rojo Brillante". Y, como no, todas las investigaciones realizadas por Anecoop en colaboración con sus Cooperativas asociadas, destacando sin duda la tesis presentada en 1996 por el Dr. D. Benito Orihuel Iranzo, en ese momento Director de Calidad de Anecoop.

Es decir, una excelente colaboración público-privada con un único interés el conocimiento y desarrollo comercial del Kaki.

Ello explica la cantidad de documentación científica publicada, en aras de conocer mejor el producto para que llegara en las mejores condiciones al consumidor. Es evidente que la actitud de las Cooperativas para esta colaboración con los investigadores y la sensibilidad de éstos para estudiar los problemas que aparecían en el día a día ha dado buenos frutos. Aunque la posición de liderazgo obliga a seguir trabajando en I+D, tanto a nivel cooperativo, como con convenios con diferentes institutos tecnológicos.

En la Figura 4 se puede observar la evolución de las ventas de Anecoop desde los inicios de su comercialización.

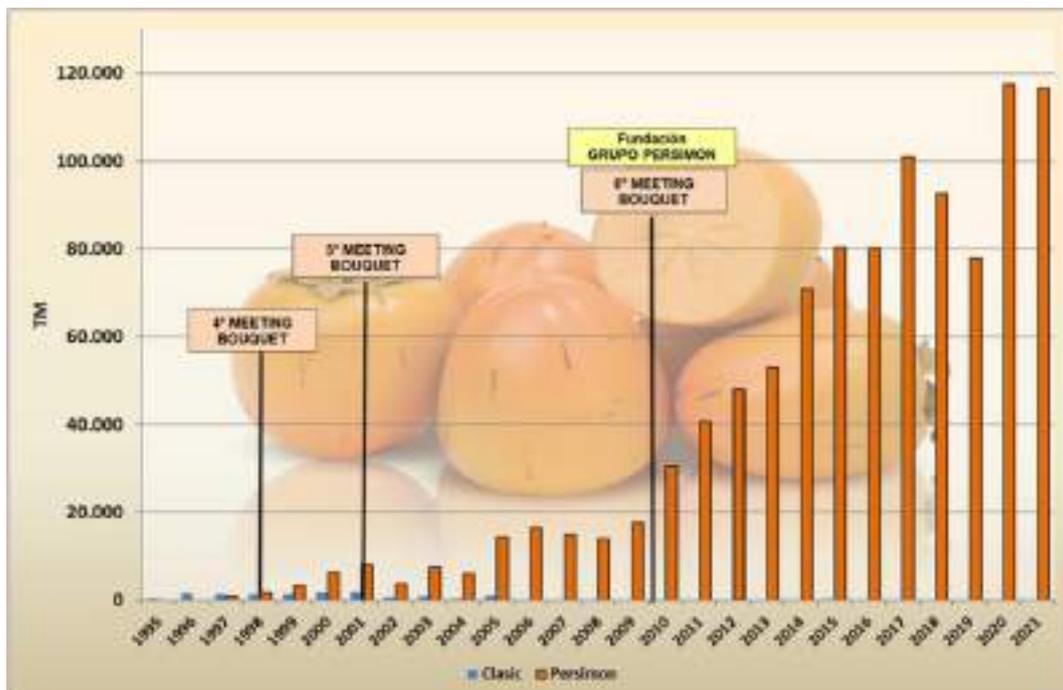


Figura 4. Evolución de las ventas de kaki de Anecoop. Fuente: Anecoop

5. El futuro

En estos momentos cuando la producción se está acercando a las 500.000 t anuales, el producto se enfrenta a una serie de problemas que han hecho disminuir de forma clara su rentabilidad.

Los más importantes llegan desde la parte agrícola, donde la aparición de algunas plagas está encareciendo y dificultando cada vez más su cultivo. Por un lado, el control del hongo *Mycosphaerella nawae* Hiura & Ikata, así como la proliferación del “Cotonet” y también los probables futuros nuevos patógenos que puedan establecerse en este cultivo.

El actual sistema de recolección y confección necesita precios superiores a los conseguidos durante las últimas campañas para resultar un producto rentable para el productor. Dado el bajo aprovechamiento comercial, este proceso de recolección y confección, produce un 15-20% de descartes (Martínez de las Heras, 2016). Estos descartes, suponen un grave problema para la viabilidad futura del producto y nos indican la necesidad de desarrollar procesos de valorización, conducentes al aprovechamiento de los “destríos”, con objeto por una parte de disminuir de alguna manera los costos productivos y evidentemente de evitar el desperdicio alimentario (Vendrell, 2021).

Y también está pesando el hecho, de que el 60% de cosecha que no está estructurada dentro del “Grupo Persimon”, está en manos de muchas empresas, lo que provoca en algunos momentos sensaciones de incertidumbre sobre la situación de la producción.

Como conclusión, estas tres realidades son innegables:

1. Que el producto es bueno, es un hecho. Se ha posicionado en todos los lineales no solo de España y Europa, sino de muchos otros países.
2. Que los equipos que lo están gestionando, desde el campo, la recolección, la poscosecha, la confección y su puesta en mercado, conocen cada día mejor el producto.
3. Y que los consumidores cada año lo esperan llegar en otoño, también es un hecho.

La aparición de nuevas variedades, a partir del actual Rojo Brillante, que permitan alargar de forma natural el calendario, tanto en precocidad como al final de la campaña será un factor importante para la consolidación del producto.

El círculo para que el productor siga cultivándolo está preparado. Esperemos que no se rompa en ningún punto de la cadena.

Bibliografía

- Carbo, A.; Vidal, O. (1976). El caqui. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. No. 7.
- FAOSTAT. (2021). Food and agriculture data. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/> Acceso: 10 junio 2021
- Li, B. (2013). A brief introduction to postharvest research and utilization of persimmon (*Diospyros kaki*) in china: Ancient time to today. (1996) pp. 373-378.

Orihuel, B. (2006). Daño por frío en el caqui cv. "Rojo Brillante", estrategias y tratamientos para su conservación frigorífica. Tesis Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

TRADEMAP (2021). Trade statistics for international business development. <http://m.trademap.org/#/main/> Acceso : 10 junio 2021.

Vendrell, M. (2017). El "milagro" del caqui en Valencia. Un caso de innovación abierta y colaborativa de liderazgo cooperativo. Trabajo Fin de Máster: Universidad Politecnica de Valencia.

Vendrell, M. (2021). Efecto del estado fisiológico del caqui en cosecha sobre su comportamiento durante el almacenamiento frigorífico. Trabajo Fin de Máster: Universitat de València.

Wang, R.; Yang, T.; Ruan, X. (2013). Industry history and culture of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) in china. (996) pp. 49-54

nOGAL NATURE

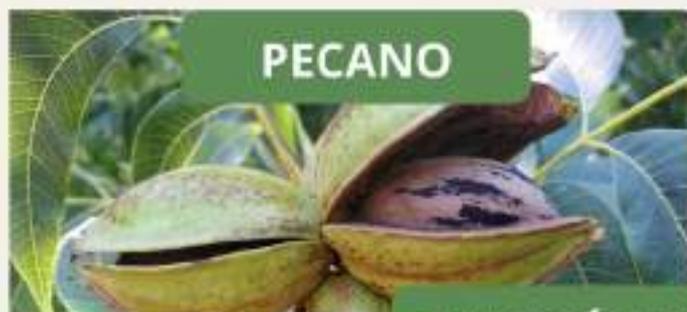
Contigo desde el inicio

VIVERO ESPECIALISTA EN NOGAL INJERTADO



Portainjerto clonal Vlach e híbrido Mj 209xRa 3

A raíz desnuda y en maceta



PECANO

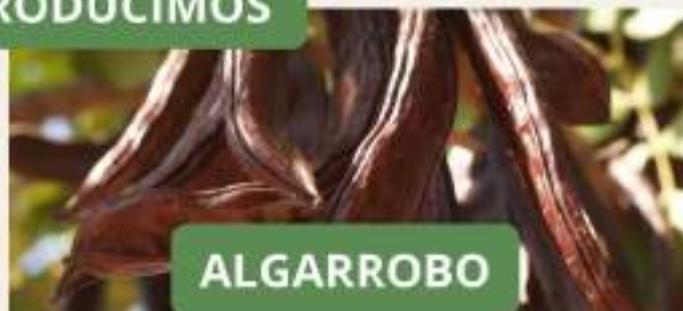


HIGUERA

TAMBIÉN PRODUCIMOS



PISTACHO



ALGARROBO

www.nogalnature.com | info@nogalnature.com

607 38 18 49 | En Alange, Badajoz | [f](#) [@](#) [in](#) [t](#) [v](#)

Descuento para lectores código 3EPS-PES-2

3.7. Frutos secos en la Península Ibérica: situación actual y perspectivas

Ignasi Batlle^{1*}, Mercè Rovira¹, Neus Aletà², Xavier Miarnau³, Joan Abel², Mercè Guàrdia^{1,2}, Leontina Lipan^{1,5}, Felipe Pérez de los Cobos^{1,4}, Verónica Casadó¹ y Agustí Romero¹

* ignasi.batlle@irta.es

¹ *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) - Mas Bové*

² *IRTA - Torre Marimon*

³ *IRTA – Fruitcentre*

⁴ *Centre de Recerca en Agrigenòmica (CRAG), CSIC-IRTA-UAB-UB*

⁵ *Grupo de Investigación Calidad y Seguridad Alimentaria, Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Universidad Miguel Hernández*

Índice

1. Introducción
2. Almendro
3. Avellano
4. Nogal
5. Pistachero
6. Castaño
7. Pino piñonero
8. Calidad de los frutos secos
 - 8.1. Acondicionamiento de postcosecha
 - 8.2. Seguridad alimentaria
 - 8.3. Calidad comercial
9. Retos y perspectivas (fortalezas y amenazas)

Resumen

Se analiza la situación actual, perspectivas y retos de la producción de seis especies de frutos secos (almendro, avellano, nogal, pistachero, castaño y pino piñonero) en la Península Ibérica y se comentan fortalezas y amenazas del sector en España y Portugal.

1. Introducción

Los cuatro principales frutos secos cultivados en España son: almendro, avellano, nogal y pistachero. En Portugal, almendro, avellano y nogal son importantes y el pistachero tiene menor

3. Cultivos

importancia. En un ámbito agroforestal y en ambos países tienen importancia el castaño y el pino piñonero que se incluyen también como especies productoras de frutos secos en la Península Ibérica (PI). En España cada especie productora presenta una situación actual y evolución diferentes (Figuras 1 y 2). Tradicionalmente, el almendro y el pistachero se han considerado cultivos de secano mientras el avellano y el nogal lo ha sido de regadío. Esta situación ha cambiado, en la mayoría de las condiciones agroclimáticas, los cuatro frutales requieren para una producción competitiva dosis suficientes de agua. En Portugal, el gran impulso de dos frutos secos (almendro y nogal) ha sido la puesta en regadío de una extensa superficie de cultivo en el Alentejo. El consumo actual español de frutos secos y la capacidad transformadora industrial es muy superior a la producción. En Portugal, tanto el consumo como la capacidad son menores y en parte, abastece al mercado español. En este artículo se revisa la situación actual y las perspectivas de las seis especies en una economía globalizada.

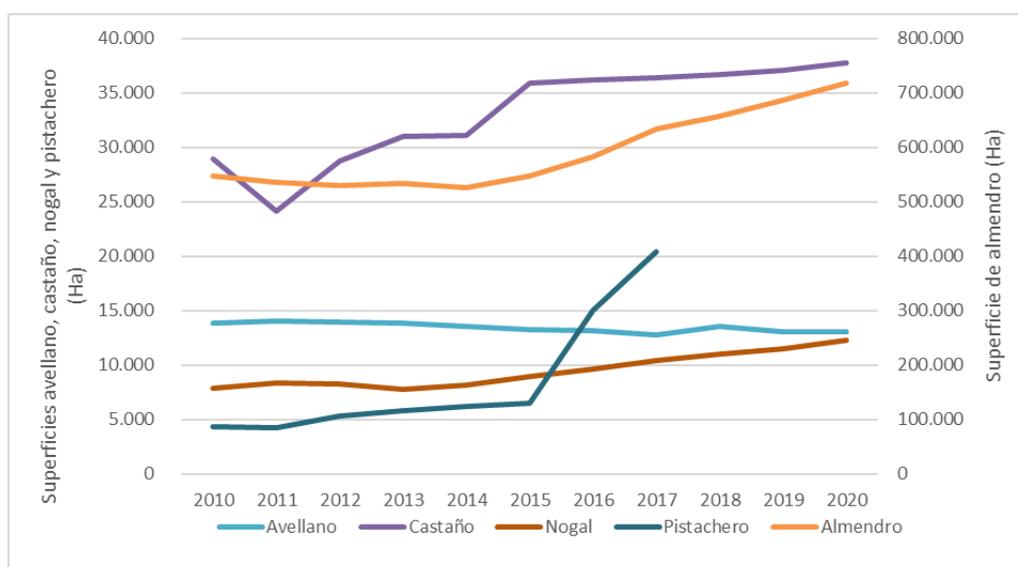


Figura 1. Evolución de la superficie cultivada (Ha) de almendro, avellano, castaño, nueces y pistachos (2010-2020) en España. Fuente: Elaboración propia con datos de FAO

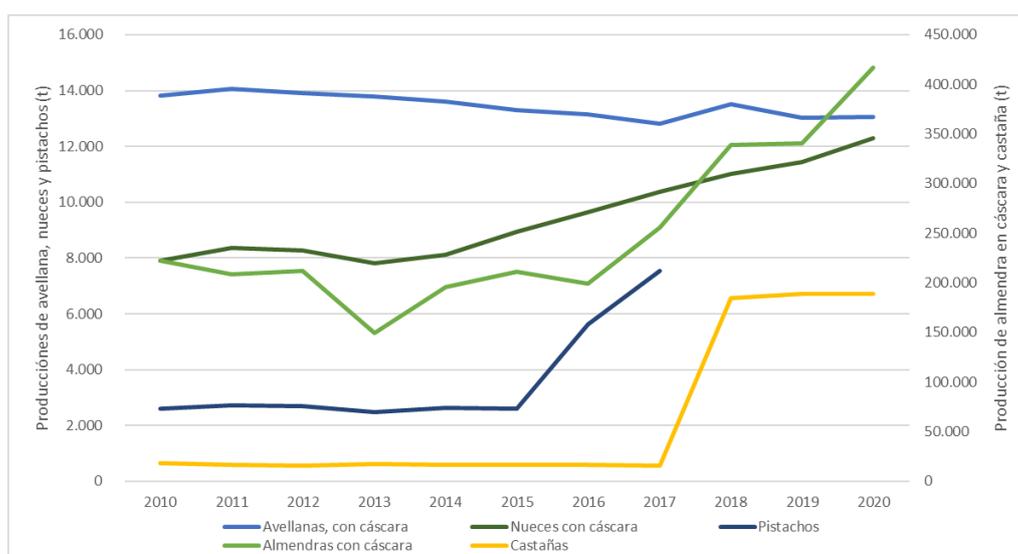


Figura 2. Evolución de la producción en toneladas en los años 2010-2020 de almendra, avellana, castaña, nuez y pistachos en España. Fuente: elaboración propia con datos FAO

Los sistemas de producción de frutos secos están experimentando una revolución tecnológica debido a la gran demanda del mercado y a sus precios. Existe una tendencia generalizada hacia la intensificación de cada cultivo y una reducción de sus costes de producción. En estos seis cultivos son muy importantes las operaciones de recolección, secado, postcosecha y conservación. Los precios de los frutos secos suelen estar determinados por las producciones anuales en los principales países productores: EE. UU. (almendra, pistacho y nuez), Irán (pistacho), Turquía (avellano) y China (nuez y castaña) y la Península Ibérica (piñón real y castaña) aparte de las cotizaciones euro/dólar.

Actualmente, los frutos secos son una alternativa a otros frutales, la calidad de la producción ibérica destaca sobre la de otros países y en la mayoría de ellos (almendra, nuez y pistacho) se obtienen precios superiores a los de las importaciones. Tienen además grandes posibilidades en el desarrollo de la producción ecológica y agroforestal, así como en la lucha contra la despoblación rural y el cambio climático favoreciendo un paisaje más resiliente frente a potenciales daños de agentes bióticos y abióticos. Por otra parte, los frutos secos son cultivos totalmente mecanizables y no perecederos, lo que facilita la gestión de grandes explotaciones, especialmente si se compara con las plantaciones de fruta dulce, donde la disponibilidad de mano de obra en época de cosecha es un factor limitante.

El reto es gestionar bien el territorio conociendo las nuevas e importantes amenazas en forma de enfermedades y plagas emergentes (*Xylella*, bacteriosis, chinches, etc.) que pueden afectar a estas especies y planificar su adecuada gestión frente a la previsible escasez de recursos hídricos y la incidencia de incendios que de forma recurrente afectan a la Península Ibérica (paisajes en mosaico).

Los frutos secos presentan excepcionales cualidades organolépticas (sabor, aromas y textura), nutritivas (proteínas, ácidos grasos, minerales y fibra), capacidad de conservación y gran diversidad de utilidades. Las evidencias científicas sobre sus beneficios para la salud están cada vez más demostradas. Las conocidas relaciones frutos secos-salud y frutos secos-dieta mediterránea están teniendo una incidencia muy positiva no sólo en los consumidores de países con alto PIB sino también, en aquellos con un PIB medio. Este cambio ha sido un factor decisivo para el incremento de su consumo a nivel mundial. Por otra parte, son fáciles de consumir y de iniciar su ingesta. En algunos países EE.UU., Australia, Europa, Japón, Brasil, Chile, Argentina, Nueva Zelanda, África de Sur y también en otros se desarrollan campañas de divulgación y publicitarias, incidiendo en sus propiedades nutritivas y beneficiosas para la salud humana.

Así los frutos secos, aun siendo un grupo de alimentos minoritario en nuestra dieta, su consumo habitual se asocia a salud. Su presencia en la dieta y la cocina mediterránea es valorada y conocida mundialmente. Por otra parte, el beneficio de las proteínas vegetales respecto a las de origen animal en relación a sus sistemas productivos y a una menor emisión de gases de efecto invernadero e impacto ambiental juegan un papel clave en su promoción y consumo. Los frutos secos no incluyen solo proteínas (aminoácidos) sino también otros nutrientes como fibra, antioxidantes, vitaminas y minerales (Mariotti, 2019). Los frutos secos como nutrientes proteicos han demostrado beneficios consistentes en la reducción de enfermedades coronarias. Finalmente, es importante que los organismos reguladores estén al corriente del incremento productivo de proteínas vegetales y así poder proveer a los consumidores con información científica y veraz que les permita adoptar decisiones informadas.

3. Cultivos

Desde el año 2020, la incidencia de la pandemia originada por el COVID-19 y el confinamiento de la población (WHO, 2020) en la mayoría de los países ha tenido un impacto importante en los hábitos de consumo de frutos secos a nivel mundial originando cambios del comportamiento de compra y cocinado entre otros (Grunert *et al.*, 2022; Romeo-Arroyo *et al.*, 2020; Sarda *et al.*, 2022). Así los consumidores españoles, junto con otros europeos, incrementaron las compras de frutos secos tipo “snack” (INC, 2021).

La calidad final del producto y su trazabilidad es otro aspecto fundamental para el desarrollo del sector de los frutos secos. Por otra parte, su particular composición y variados usos (consumo fresco y transformado) presentan un elevado interés tecnológico. En la Península Ibérica, la industria española de frutos secos está muy desarrollada y cuenta con una gran capacidad de transformación que contribuye al incremento de su valor añadido. Por otra parte, la innovación e introducción de nuevos productos en el mercado internacional derivados de los frutos secos está liderada por la industria europea.

La producción mundial de almendra, avellana, nuez, pistacho y castaña se ha incrementado notablemente en los últimos 30 años (Tabla 1). En la Tabla 2 se presenta la participación en la cosecha mundial de los principales países productores. España es un gran productor de almendra y de castaña, en menor medida de avellana, mientras que las producciones de nuez y pistacho son aún bajas. Portugal y España son los principales productores de piñón real del mundo, aunque no se refleja en la Tabla 2 al estar incluidos otros piñones en los datos FAO. Se importan cantidades variables en función de cada fruto y dependiendo de las cosechas anuales. Según datos del INC (2021-2022) el consumo de los españoles (en Kg per cápita) de estos cuatro frutos secos en España es: almendra (2,44), avellana (0,23), pistacho (0,32) en este caso en cáscara y nuez 0,345 En Según el INE de Portugal, el consumo conjunto (Kg/habitante) de almendra, avellana, castaña, nuez y pistacho aumentó con los años (5,0 en 2016, 6,8 en 2017, 7,1 en 2018 y 8,3 en 2019). En Portugal el consumo anual per cápita de piñón real es de 0,064 Kg (INC, 2021).

Tabla 1. Evolución de la producción mundial de almendra, avellana, castaña, nuez y pistacho. Producción mundial anual media en los últimos 7 cuatrienios (frutos en cáscara, toneladas en almendra, avellana, nuez, castaña y pistacho). *Fuente:* elaboración propia, datos FAO

Fruto	Producción anual media (t)							INCREMENTO * (%)
	1985/1990	1991/1995	1996/2000	2001/2005	2006/2010	2011/2015	2016/2020	
Almendra	1.184.114	1.262.496	1.461.013	1.726.700	2.368.439	2.876.702	3.379.644	185
Avellana	540.980	631.295	707.810	755.410	893.834	837.095	963.084	78
Castaña	468.132	661.076	825.030	1.151.104	1.760.799	2.046.990	2.188.450	247
Nuez	871.839	1.017.230	1.193.799	1.540.889	2.273.900	2.722.118	3.029.419	367
Pistacho	222.593	363.300	429.255	448.846	642.261	762.381	1.096.286	393

* Entre los períodos 1985-1990 y 2016-2020

El importante y sostenido crecimiento de la producción mundial de almendra, avellana, pistacho, nuez y castaña en las últimas décadas, junto con incrementos de las cosechas de otros frutos secos: pacana, anacardo y macadamia, que compiten con ellos, han originado estancamientos de precios durante largos períodos (Vargas, 2005). Sin embargo, en general, el mercado ha mostrado una gran capacidad de absorción del incremento de la producción mundial. Además, durante los últimos años se han abierto nuevos mercados (China, India, Corea, etc.) con gran demanda y los precios se han incrementado sufriendo una moderación

actualmente. El caso más relevante es el de la almendra que es el principal fruto seco a nivel mundial, el que marca la tendencia del mercado y el que más influye en los precios. Las producciones de California, España y Australia han aumentado notablemente durante la última década y se han abierto nuevos mercados en Asia (China e India), sin tradición de consumo, pero muy poblados y con suficiente poder adquisitivo como para que una parte de sus habitantes puedan incorporarlos a su dieta. Se debería conseguir una estabilidad de los precios de los frutos secos evitando grandes fluctuaciones que perjudican a su mercado. Los frutos secos son fáciles de conservar y transportar, facilitando su comercio mundial.

Tabla 2. Porcentaje de la participación en la producción de almendra, avellana, castaña, nuez, piñón y pistacho según los principales países productores en cada caso. Porcentaje del año 2021

Fruto	País	Producción (%)	Fruto	País	Producción (%)	Fruto	País	Producción (%)
Almendra	Estados Unidos	78	Castaña ¹⁻²	China	72	Piñón	China ³	39
	Australia	8		España	8		Rusia ³	25
	España	7		Bolivia	4		Corea ³	13
	Turquía	1		Turquía	3		Afganistán	10
	Túnez	1		Corea	2		Pakistán ³	7
	Otros	5		Italia	2		España y Portugal ⁴	1
Avellana	Turquía	72	Portugal	2	Otros	5		
	Estados Unidos	5	Otros	2	Estados Unidos	67		
	Italia	4	Nuez	China	46	Irán	17	
	Azerbaiyán	4		Estados Unidos	29	Turquía	11	
	Chile	4		Chile	7	Siria	3	
	Georgia	4		Ucrania	4	Grecia	1	
Irán	4	Francia		2	Otros	1		
Otros	5	Turquía		2				
			Otros	10				

Fuente: elaboración propia con datos de INC Statistical Yearbook 2021/2022 y FAO 2020

¹Futo con cáscara; ²Fuente FAO, 2020; ³ Son piñones de varias especies de *Pinus*; ⁴ Son piñones de pino piñonero (*P. pinea*)

Datos básicos sobre distribución superficial, evolución de las superficies y las producciones por especies en España durante los últimos años se recogen en la Tabla 3 y Figuras 1 y 2. El almendro (744.466 ha) y el avellano (13.110 ha) son cultivos tradicionales, ampliamente difundido el primero y localizado casi exclusivamente en Tarragona el segundo. Ambos cultivos, especialmente el almendro, tienen una indudable importancia social y económica. Una parte importante de la almendra y avellana producida se destina a la exportación. En Portugal (Tabla 4), el almendro (49.429 ha) se ha concentrado tradicionalmente en la región de Tras os Montes (secano) en el norte y recientemente se ha plantado mucho en el Alentejo (regadío) y Beira. El avellano en Portugal, concentrado en las regiones de Tras os Montes y de Beira ha sufrido una regresión de su superficie durante los últimos 25 años (bajos precios y dificultades para competir en el mercado exterior) existiendo actualmente 350 ha y repuntando su interés en los últimos años.

Aunque en España existe una gran población de nogales diseminados, la superficie ocupada por plantaciones regulares, iniciadas en los años 1970, se ha incrementado mucho recientemente (oficialmente existen según MAPA 8.178 ha en producción, pero se estima actualmente superior a 13.000 ha); muchas de ellas son jóvenes. La producción española de nuez en cáscara es de

3. Cultivos

20.030 t y es un cultivo en lenta pero continua expansión. Esta producción es todavía insuficiente para satisfacer la demanda del mercado interior. El cultivo del pistachero es mucho más reciente en España (años 1980) y, al igual que el nogal, se encuentra en proceso de expansión (existen según MAPA 61.231 ha. La superficie real destinada al cultivo de la castaña es difícil de estimar, los censos de la especie incluyen plantaciones destinadas a producción de madera, así de las 276.000 ha de castaño de España, más de la mitad en Galicia, menos del 20% están destinadas a producción frutal (38.231 ha). En Portugal la superficie registrada es todavía mayor y se localiza en el norte a modo de continuidad con Galicia. El MAPA, en 2021, cifra en 187.685 t. la producción española de castaña y en 2020 la producción portuguesa alcanzó los 42.180 t. según datos FAO (Tabla 5) En el caso del pino piñonero en la Península Ibérica ocupa unas 600.000 ha, lo que representa el 80% de la superficie mundial de esta especie, pero su producción ha ido decreciendo dramáticamente, así en el año 2020 se contabilizan unas escasas 400 t.

Tabla 3. España: superficie cultivada (Ha), rendimiento (Kg/Ha) y producción total en cáscara (toneladas) de almendra, avellana, castaña, nuez, piñón y pistacho. (Año: 2021). Fuente: MAPA

Fruto	Superficie (ha)			Rendimiento en cáscara (kg/ha)**		Producción total en cáscara (t)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	
Almendra	611.944	132.522	744.466	375	1.846	371.460
Avellana	4.705	8.405	13.110	342	791	7.854
Castaña	36.915	1.316	38.231	2.631	2.837	187.685
Nuez	4.287	8.494	12.781	1.189	2.253	20.030
Piñón*	30	-	30	420	-	16
Pistacho	41.675	19.556	61.231	698	1.422	16.725

*En plantación regular

**Para el piñón, el rendimiento es en piña verde

Tabla 4. Variación de la superficie (Ha) cultivada en Portugal de almendro, castaño, nogal, piñón y otros frutos secos (avellano, pistacho...). Fuente: Recenseamento agrícola 2019 INE I.P.

Cultivo	Superficie (Ha)	Variación 2009-2019 (%)
Almendro	49.429	100,3
Castaño	51.945	53,1
Nogal	5.543	127,6
Piñón	105.903	154,1
Otros frutos secos	1.438	153,2

Tabla 5. Superficie cultivada (Ha), rendimiento (Kg/Ha) y producción (toneladas) de almendra, avellana, castaña y nuez. (Año: 2020). Fuente: FAO Statistics

País	Fruto	Superficie cultivada (Ha)	Rendimiento (Kg/Ha)	Producción (t)
España	Almendra (en cáscara)	718.540	580,3	416.950
	Avellana (en cáscara)	13.070	417,0	5.450
	Castaña	37.780	4.994,4	188.690
	Nuez (en cáscara)	12.290	1.392,2	17.110
Portugal	Almendra (en cáscara)	52.340	603,9	31.610
	Avellana (en cáscara)	320	656,3	210
	Castaña	51.700	815,9	42.180
	Nuez (en cáscara)	5.400	946,3	5.110

2. Almendro

El almendro el principal fruto seco a nivel mundial y en España es el segundo cultivo leñoso en extensión tras el olivo. Tiene una gran importancia económica, social y medio ambiental. Se encuentra ampliamente difundido por la geografía española, con una superficie total de 744.466 ha (MAPA, 2021). El cultivo está especialmente concentrado en las zonas próximas al Mediterráneo (costeras e interiores), Andalucía, Levante y Valle del Ebro. Actualmente su área de mayor expansión se centra en Castilla la Mancha y Extremadura. Andalucía y Aragón siguen liderando la superficie productiva.

El almendro en Portugal (43.497 ha) está distribuido principalmente en Trás os Montes, Alentejo y Algarve pero también en Beira y algo en Ribatejo (Doll *et al.*, 2021, Iglesias *et al.*, 2021). Se ha producido una gran expansión del cultivo recientemente en los nuevos regadíos del Alentejo con grandes inversiones. Respecto a las plantaciones en super alta densidad (SHD), seto en torno a 2.500 árboles/ha, España (4.008 ha) y Portugal (1.985 ha) lideran a nivel mundial la superficie plantada representando respectivamente el 51% y el 25% de la superficie mundial actualmente (Iglesias, 2021).

España es el tercer país productor mundial, con un volumen de cosecha del 7% del total mundial, a mucha distancia de California (78 %) y el tercero es Australia (8%) (INC, 2021). En estos dos países, las plantaciones están ubicadas en suelos fértiles de regadío y reciben un buen manejo. Como consecuencia, las producciones obtenidas oscilan alrededor de 2.000-3.000 kg/ha de almendra en grano, mientras que en España la media, todavía se sitúa en unos 150 kg/ha. Otros países productores son: Turquía, Túnez, Portugal, Italia, Irán, Marruecos, etc. (Tabla 2). Las cosechas mundiales anuales tienen grandes oscilaciones en función de las condiciones climáticas: principalmente debido a la disponibilidad de agua y la incidencia de lluvias durante la floración en California, disponibilidad de agua para riego en Australia e incidencia de heladas tardías y sequía en la Cuenca Mediterránea.

Hasta hace pocos años, en España, las plantaciones se encontraban principalmente en situaciones marginales: suelos pobres y cultivo en secano (90%), con variedades de floración temprana, sensibles a heladas tardías, y con una polinización deficiente. Entre ellas, destacan dos variedades tradicionales muy apreciadas comercialmente: ‘Desmayo Largueta’ y ‘Marcona’ que cada vez se plantan menos y sobre las cuales hay mayor demanda que oferta actualmente. Como variedades tradicionales destacaban ‘Garrigues’, ‘Ramillete’, ‘Atocha’ y ‘Carreró’. En cambio, en los últimos años, la mayoría de las nuevas plantaciones se están implantando en regadío, en suelos fértiles, utilizando nuevas variedades y patrones provenientes de programas de mejora genética y con un diseño y manejo agronómico más adecuado a las exigencias del cultivo (Batlle *et al.* 2017; Pérez de los Cobos *et al.*, 2021). En Portugal, con el cultivo también mayoritariamente en secano, se utilizaban variedades locales y más tarde francesas y españolas. Actualmente, también se realizan plantaciones con variedades españolas y francesas de cáscara dura y con americanas de cáscara blanda siguiendo el modelo californiano. El almendro ha pasado de ser un cultivo marginal, a ser el cultivo de moda en regadío y también en secano en la Península Ibérica.

El sector del almendro está experimentando un proceso de reconversión y expansión muy importante. En España, se estima que recientemente se han plantado (20.000-30.000 ha/año de

almendro) produciéndose una transformación tecnológica sin precedentes: el paso de plantaciones en condiciones marginales (de suelo, agua y escasos cuidados culturales) a plantaciones situadas en zonas fértiles y con técnicas de cultivo adecuadas (poda, fertirrigación, protección fitosanitaria, mecanización integral, etc.). Además, cabe destacar que más del 30% de estas nuevas plantaciones se han realizado en regadío con lo cual su repercusión productiva en los próximos años será muy elevada. Sin embargo, en la reconversión de estos últimos años, con nuevas variedades, porta-injertos y nuevos modelos productivos se observan errores de elección de material vegetal, de diseño y de manejo, cuestiones que no favorecerán las expectativas productivas creadas. Además, no todas las zonas de España, donde se están plantando almendros son adecuadas, ya que no disponen ni de suficiente agua para regar, ni de buenos suelos ni de un clima seco idóneo para el cultivo y el cambio climático parece originar heladas tardías más frecuentes.

Uno de los avances más determinantes a favor de este nuevo impulso al cultivo del almendro ha sido la aparición de nuevas variedades (comercializadas a partir de los años 2005-2007), de floración tardía, autofértiles y muy productivas fruto de programas de mejora genética españoles (CITA, IRTA y CEBAS-CSIC). Entre ellas, cabe destacar 'Vairo', 'Constantí', 'Marinada', 'Soleta', 'Belona' y 'Penta'. Por su comportamiento agronómico y producción destacan: 'Lauranne', 'Vairo', 'Marinada', 'Penta' y 'Soleta'. Por su buen comportamiento en secano sobresale 'Constantí'. Recientemente se han presentado dos variedades de cáscara blanda 'Florida' y 'Alaska' (Dicenta *et al.*, 2022). Todas estas variedades están siendo evaluadas en diferentes zonas agroclimáticas españolas. Es muy importante conocer la adaptación y el comportamiento agronómico de cada variedad en diferentes ambientes y para ello son necesarios ensayos varietales y de patrones distribuidos por iberia.

Como porta-injertos destacan los híbridos almendro x melocotonero: GF-677 (INRAe) y Garnem (resistente a nematodos) del CITA. Recientemente, se han empezado a utilizar patrones francos e híbridos de ciruelos con el objetivo de reducir el vigor del árbol y adaptar el almendro a suelos con problemas de asfixia radicular. Entre ellos destacan la serie Rootpac (20, 40 y R) de Agromillora Iberia (Felipe *et al.*, 2022). También se han enviado a registro dos híbridos almendro x melocotonero de bajo vigor (Pilowred del CITA e IRTA-1 del IRTA) (Felipe *et al.*, 2022). La mayoría de las variedades y patrones son fruto del desarrollo de programas públicos de investigación y algunos privados a través de viveros.

El potencial productivo de algunas de las variedades, obtenido en ensayos (Miarnau *et al.*, 2016), está siendo superior a los 1.500 kg de grano/ha, con cantidades de agua limitadas (2.000-3.000 m³/ha y año), alcanzando 2.000-3.000 kg de grano/ha y en algunos casos de 4.000 kg de grano/ha con riego total (6.000-8.000 m³/ha y año). Esta productividad no es fácil de generalizar, debido a las grandes diferencias entre las explotaciones españolas, aun así, con estas variedades y patrones, adecuado diseño y manejo, estas producciones pueden alcanzarse en explotaciones situadas en buenas zonas de España.

El sistema de conducción del almendro, en secano, se ha basado en el vaso clásico, con una poda normalmente severa y con unos marcos de plantación amplios (250 árboles/ha) debido a las limitaciones en la disponibilidad de agua. Actualmente, con la posibilidad de riego, de nuevos materiales vegetales mejorados y la cada vez más frecuente utilización de suelos fértiles, son posibles nuevos modelos productivos, con diferentes sistemas de conducción y de recogida de

la almendra. Entre estos nuevos modelos productivos están las plantaciones de alta densidad (2.500 árboles/ha) con diferentes sistemas de formación (vaso, eje, muro frutal, etc.). Estos son posibles debido al uso de porta-injertos de moderado o reducido vigor, que combinado con las nuevas variedades permiten alcanzar producciones precoces y elevadas. Estos nuevos modelos tienen ventajas e inconvenientes, con aspectos positivos (incremento de la producción de las plantaciones en los primeros años y recogida mecánica en continuo) y negativos (elevado coste de implantación, dificultades de manejo, etc.).

La almendra está muy bien valorada por su sabor, propiedades nutricionales y usos culinarios. Es muy utilizada en alimentación, cosmética y farmacia. Otro aspecto que contribuye a la expansión del cultivo son las buenas expectativas comerciales tanto a corto como a medio plazo (su demanda se incrementa constantemente y su producción mundial se ha más que duplicado en los últimos 25 años), debido principalmente al crecimiento del consumo de frutos secos y la incidencia del consumo en nuevos países (muchos de ellos asiáticos) (Batlle *et al.*, 2017). Por otra parte, Europa y España son importadores netos de almendras. España dispone de una industria procesadora y comercializadora capaz y desarrollada que importa almendra, la transforma y reexporta productos elaborados con mayor valor añadido.

3. Avellano

La producción mundial se ha estabilizado en los últimos años, debido principalmente a la reducción de la cosecha en Turquía, que representa un 72% del total (INC 2021/2022). Otros países productores son EE UU (5%) e Italia (4%) y Azerbaiyán (4%), (Tabla 2). Turquía domina el mercado mundial con menores costes de cultivo que en otros países productores pero su producción ha disminuido por el abandono de zonas cultivadas de montaña y la escasa tecnificación del cultivo. En cambio, en países como Chile (se estima actualmente unas 30.000 ha, J. Mor comunicación personal) y Georgia su producción en nuevas plantaciones aumenta.

El hábitat adecuado del avellano es clima templado y pluviometrías superiores a 700 mm/año. La especie no está bien adaptada a temperaturas elevadas en verano. El avellano prefiere suelos con profundidad superior a 50 cm, fértiles de textura ligera o franca, pH de 6 a 7,5 y con bajos contenidos en caliza. Tolera mal la salinidad, tanto de suelo como del agua de riego. Según destino final del producto, el mercado de la avellana distingue dos usos: industria (principal, 90%) y consumo directo (de mesa).

La producción española, basada en destino industrial, está localizada en Cataluña, donde se concentra el 90,1% de la superficie dedicada a este cultivo, en España. Dentro de Cataluña, la superficie de Tarragona representa el 91% del total, seguida de Girona (8%), y el 1% restante, repartido en pocas plantaciones en Barcelona y Lleida. Otras zonas con superficie dedicada al cultivo del avellano son Castellón, País Vasco, Aragón y Navarra (MAPA, 2022), Son conocidos también los avellanos de Asturias, que se encuentran en los lindes de fincas, aislados o en el margen de los ríos (Rovira *et al.*, 2008; Campa *et al.*, 2020). Una característica de las explotaciones españolas es su reducido tamaño (la mayoría es inferior a 5 ha). En Portugal, en cambio, la producción es para mesa con diferentes variedades y se concentra en las regiones de Tras os Montes y Beira,

3. Cultivos

El cultivo del avellano en España y en Portugal ha atravesado por una importante crisis, debido a la fuerte competencia de la avellana turca, que disfruta de unos costes de producción muy inferiores a los ibéricos. En España, al estar situada su principal zona productora (Tarragona) en su límite ecológico de adaptación, presenta un gran desarrollo industrial y turístico limitando su expansión reduciéndose considerablemente la superficie, que ha pasado de 37.700 ha en 1985 a 13.110 ha en 2014 (Tabla 3). En la Figura 3 se aprecia que su reducción superficial no ha sido homogénea, siendo el período desde finales de los años 80 hasta el año 2009, el más significativo. En 30 años se produjo una pérdida de más de 20.000 ha de este cultivo. Sin embargo, en los últimos 10-12 años, la superficie se mantiene bastante estable.

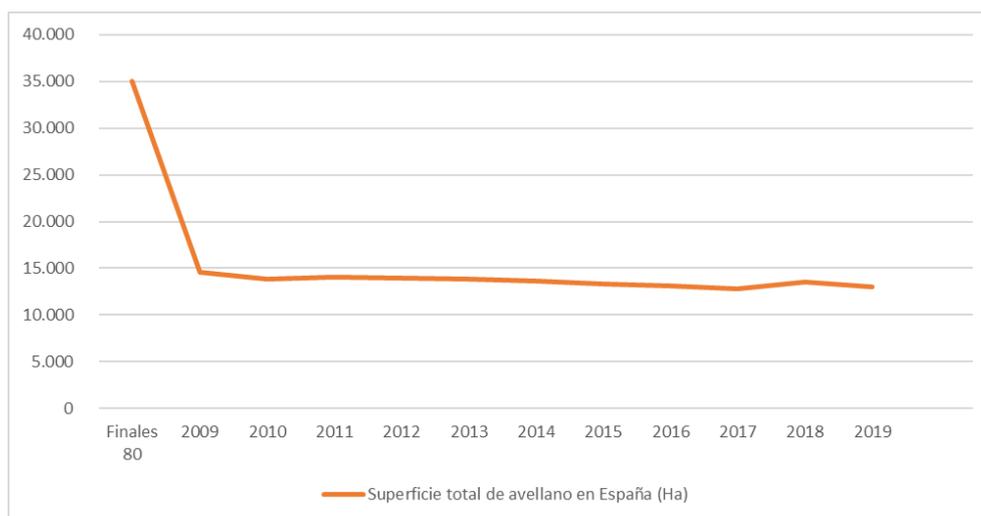


Figura 3. Evolución de la superficie total del avellano en España (Ha). *Fuente:* Elaboración propia con datos de MAPA

El panorama varietal es muy diferente según países productores. Así, en Turquía, Italia, Georgia, Azerbaiyán, Chile y España se utilizan variedades de calibre medio o reducido, destinadas a la industria. En cambio, en EEUU y Francia tradicionalmente, se ha producido avellanas grandes, para consumo directo de mesa como también en Portugal. Sin embargo, en estos dos países se está introduciendo avellana de industria, ya sea a partir de las obtenciones del programa de mejora de la Universidad de Oregón, EEUU o en Francia mediante la introducción de variedades de industria tradicionales españolas como 'Pauetet' y 'Segorbe'. En España la variedad 'Negret' ocupa más de la mitad de la superficie de cultivo. Otras variedades plantadas son: las italianas 'San Giovanni' y 'Tonda di Giffoni', que se adaptan bien a las condiciones catalanas, y la variedad local 'Pauetet', que es muy apreciada por el sector. El comportamiento de las nuevas variedades para industria de Oregón es todavía poco conocido en Europa, pero ya existen ensayos en curso para estudiar su adaptación a distintas zonas. En España se constata un interés incipiente a producir avellana de mesa. En Portugal, con una mejor adaptación ecológica de la especie, hay mezcla de variedades y las principales son 'Tonda di Giffoni', 'Ennis', 'Butler', 'Fertile de Coutard', 'Segorbe' y 'Grada de Viseu' y se continúa apostando por uso de mesa y por algunas de doble aptitud y en cultivo ecológico para exportación.

A nivel productivo, en España aún coexisten plantaciones antiguas y modernas, en llano y en montaña, con árboles de uno o varios pies. El cultivo ha evolucionado en las últimas décadas, con tendencia a la reducción de los costes de producción, mediante el abandono de plantaciones marginales de montaña, su racionalización y el incremento de la mecanización. Actualmente, se

están renovando plantaciones tradicionales y estableciéndose nuevas tanto en Tarragona como en Girona, siempre en regadío. A nivel agronómico, en los últimos años se detectan avellanas con manchas blancas en el grano que merman su calidad y se observa un incremento de las poblaciones de varios chinches en las plantaciones como causantes de este defecto (Rovira *et al.*, 2021). Esta plaga polífaga emergente está originando daños en las avellanas producidas en la mayoría de los países europeos, Georgia, Turquía y el norte de Italia (Piemonte), pudiendo afectar a otros frutales. La importante incidencia del virus del mosaico del manzano (ApMV) y su efecto de reducción productiva hace muy aconsejable la utilización de plantones de calidad con garantía sanitaria. Recientemente, en Tarragona, se ha detectado un oidio (*Erysiphe corylacearum*) presente anteriormente en otros países productores de este fruto seco, que afecta a las hojas causando su desecación (Mazzaglia *et al.*, 2021) y repercutiendo en su buen desarrollo vegetativo.

El avellano en España se encuentra en un proceso de innovación y cambio tecnológico (material vegetal y diseño de plantación). Una opción es la utilización de plantones injertados sobre patrón poco rebrotante y formados a un solo pie y a distancias en torno a 6m x 4m (según vigor varietal) y utilizando polinizadores (10-15%). En el caso de nuevas plantaciones con la variedad 'Negret', que tiene escaso vigor, se utiliza el patrón poco rebrotante 'Dundee' que le confiere vigor y aumento de la producción, menor sensibilidad a la clorosis férrica y alarga su ciclo vegetativo (Rovira *et al.*, 2013 y 2022). Se requiere que pueda mecanizarse la cosecha una vez caída la avellana al suelo. En las plantaciones de regadío para ser competitivas, la producción de avellana en cáscara debe situarse en torno a 2.000-2.500 Kg/ha con los precios actuales del mercado. En Portugal, en los últimos cinco años se están realizando nuevas plantaciones con los siguientes objetivos productivos (secano 1.000 kg/ha y regadío 3.000 Kg/ha).

4. Nogal

La producción mundial está basada en China (46%), EE.UU. (29%), principalmente en California, Chile (7%) y Ucrania (4%) según datos INC (2021/2022). Producciones menores se obtienen en Francia, Turquía y otros. (Tabla 2). En España, existen aún numerosos árboles de semilla, sin injertar, diseminados por todas las regiones. Esta producción se ha destinado tradicionalmente a consumo local. Actualmente se está produciendo una valorización de esta nuez en dos zonas españolas, en Nerpio, Albacete en Castilla-La Mancha y Pedroso en la Rioja consiguiéndose en 2020 la disposición transitoria europea de DOP España para la nuez de ambos orígenes. Las plantaciones regulares, con variedades injertadas, se iniciaron a finales de la década de 1970. Las primeras se establecieron, coincidiendo con la especialización de algunos viveros españoles en la multiplicación del nogal. Desde entonces, el cultivo ha ido creciendo, situándose la superficie actual en 12.781 ha (Tabla 3) y su producción en cáscara (año 2021) fue de 20.030 t. (MAPA). En Portugal, la superficie ha aumentado en los últimos años con la implantación de grandes superficies de nogal en la zona de regadío del pantano de Alqueva, en el Alentejo, con más de 2.000 ha de nueva implantación, en 2017 la superficie de nogal en Portugal se estimaba cercana a las 5.000 ha y la producción en unas 4.000 t. Se prevé un incremento sustancial en el próximo futuro debido a la entrada en producción de plantaciones jóvenes. Una característica de las nuevas plantaciones de nogal peninsulares es su tamaño ya que suelen ocupar amplias

3. Cultivos

superficies, superiores a 50 ha, aunque la media de las explotaciones existentes no supera las 5 ha.

El nogal es actualmente una clara alternativa de cultivo para muchas zonas de la Península Ibérica por dos razones: es una especie bien adaptada a la climatología de amplias áreas eligiendo bien la variedad y su fruto ha mantenido un precio estable en los últimos 30 años y una venta fácil para los productores. Sin embargo, en los últimos dos años el mercado se ha desestabilizado un poco con la gran entrada de nuez chilena lo que está obligando a los productores a organizarse y buscar estrategias de venta que les permitan posicionarse bien en el mercado nacional y europeo,

La expansión del cultivo se ha visto frenada por sus exigentes requerimientos ecológicos como especie (suelo, clima y agua), el nogal no se desarrolla bien en todas las condiciones, de ahí la escasa concentración del cultivo. Además, se caracteriza por necesitar una particular gestión frutal que exige una avanzada especialización técnica a la que se suma la todavía insuficiente existencia de plántones injertados de calidad de las variedades y patrones deseados por el productor (Aletà y Rovira, 2014).

El nogal como frutal es una especie de regadío, con unas necesidades que pueden estimarse entre 5.000 y 10.000 m³/ha/año de agua de buena calidad en función de la pluviometría de la zona y la latitud de la plantación. Por otra parte, como otros frutos secos, no admite episodios de encharcamientos prolongados ni tan siquiera en parada invernal. Los suelos permeables son los más adecuados, aunque sean gravosos o pedregosos (no tolera suelos arcillosos o asfíxiantes).

Para alcanzar buenas producciones, el nogal necesita acumular un número de horas-frío (temperatura inferior a 7 °C) para evitar los desarreglos en la floración. Así, la variedad más plantada en España, 'Chandler' requiere más de 800 horas de frío invernal para cumplir su ciclo reproductivo. En algunas zonas estas necesidades pueden suponer una importante limitación para que la variedad desarrolle su máximo potencial. Los principales cultivares disponibles en el mercado adolecen todos de este requerimiento vegetativo y los tratamientos a base de compensadores de horas frío son difícilmente utilizables con las actuales restricciones europeas sobre productos fitosanitarios. Sin embargo, como contrapartida para el buen lignificado de la cáscara la nuez necesita calor en verano. Son por lo tanto muy adecuados los climas con marcadas tendencias estacionales, abundante frío en invierno y elevadas temperaturas estivales.

Por otro lado, el nogal prefiere baja humedad ambiental en las plantaciones lo que a menudo puede resultar difícil dado el gran tamaño de los árboles y su gran frondosidad y se acaba creando en las parcelas un microclima favorable para la proliferación de plagas y enfermedades. Por otra parte, la aplicación de cobre como principal método de control de las habituales enfermedades bacterianas y fúngicas está siendo cada vez más cuestionado lo que obliga a elegir bien las zonas de plantación. Para optimizar el potencial productivo y alargar la vida útil de una plantación de nogal, además de elegir bien su ubicación y el material vegetal, es fundamental la gestión aplicada durante su vida. Ante esta situación, el estudio del medio en el que va a desarrollarse el cultivo y la adecuada preparación inicial del terreno son aspectos esenciales para el éxito de una plantación como en cualquier especie frutal.

Otro factor muy importante es adaptar la formación de los nogales a sus características varietales, a la intensificación de la producción y al diseño de las plantaciones, para acortar al máximo su largo período improductivo. En todos los aspectos de gestión del cultivo se ha avanzado mucho y poco a poco se abandonan ideas tradicionales como que no se deben podar los nogales o que el follaje debe estar protegido con cobre durante todo el período vegetativo. Actualmente este cultivo es rentable contando con producciones medias de unos 3.500 Kg/ha.

La nuez se vende habitualmente como un producto natural en cáscara o grano, hasta ahora, existen pocos procesos de industrialización que le aporten un relevante valor añadido. Los cuidados en el procesado post-cosecha (pelado y secado) son los que conferirán esa calidad final requerida por el mercado: color uniforme y capacidad de conservación. La calidad sanitaria parecería ser el requisito imprescindible para entrar en el mercado, sin embargo, la limitación para su venta suele ser el calibre. Es este uno de los aspectos a mejorar en los próximos años de manera que se busquen salidas de venta a todos los calibres del fruto. Además, la nuez como alimento nutracéutico tiene un nicho de consumidores habituales muy exigentes con su calidad.

La variedad más plantada en España, y también en la mayoría de países del mundo donde el cultivo está tecnológicamente desarrollado, es la 'Chandler'. Recientemente se ha detectado la necesidad de diversificar variedades, especialmente en grandes plantaciones para lograr una maduración escalonada de la explotación y una mayor eficiencia del uso de la maquinaria de recolección. Los viveros empiezan a disponer de otros cultivares como 'Howard', 'Lara' o 'Fernor'. Se utilizan marcos de plantación en torno a 35-48 m² y la formación en eje poco estructurado. Con un buen manejo el potencial productivo de todas estas variedades es alto, alcanzando producciones de más de 5.000 kg/ha en cáscara. Sin embargo, las necesidades de los productores no están satisfechas y se siguen requiriendo variedades adaptadas a condiciones más cálidas (bajas necesidades de frío) con una mayor precocidad de maduración (anterior al 15 de setiembre) y una menor susceptibilidad a 'bacteriosis' y a los hongos de la madera, problema que se está extendiendo paulatinamente a medida que las plantaciones van alcanzando la fase adulta.

En cuanto a los patrones, la disponibilidad de buenos patrones es escasa y aunque en las condiciones de la Península Ibérica se aconseje la utilización de patrones francos de la propia especie *Juglans regia*, la falta de pies que garanticen uniformidad de las plantas y la tolerancia a enfermedades del suelo y/o a sus limitaciones está llevando a buscar soluciones cuestionables como el uso de híbridos clonales o de semilla en las nuevas plantaciones. Los porta-injertos deben ser vigorosos ya que varios trabajos indican que el vigor favorece la producción. Solamente algunos patrones híbridos presentan resistencia a enfermedades de suelo o a limitaciones edáficas pudiendo así ser una solución contrastada para alguna zona problemática de las parcelas. Sin embargo, se debe considerar que en las condiciones de la Europa mediterránea la presencia del CLRV (Cherry Leaf Roll Virus) en los nogales silvestres es muy común. Este virus puede extenderse fácilmente a las plantaciones regulares al ser diseminado por el polen y puede acabar causando la muerte de los árboles injertados sobre patrones distintos de *J. regia* debido a la incompatibilidad patrón-variedad conocida como 'black-line'.

5. Pistachero

Los principales países productores son EE. UU. (California) (67%), Irán (17%), Turquía (11%) y Siria (3%) según datos INC (2021/2022) (Tabla 2). Producciones menores se obtienen en China, Grecia, Italia, Afganistán, Túnez, Australia, etc. (Cuadro 2). En California, Irán y Turquía el cultivo ha tenido una importante expansión en las últimas décadas. En España se ha plantado mucho en los últimos años sobre todo en Castilla-La Mancha y Andalucía. Según MAPA en España existen 61.231ha plantadas actualmente. En ésta zonas puede ser una alternativa de cultivo para los cereales y la viña y contribuir a fijar población rural. La producción española actual de pistachos en cáscara es de 16.725 t (MAPA). Su consumo en España es mayoritariamente tostado y salado como “snack”.

Por sus requerimientos ecológicos de cultivo es el fruto seco mejor adaptado al clima continental del interior de la Península Ibérica (frío invernal y calor estival). Se adapta bien a terrenos calizos, pedregosos y mal a los suelos compactos. Es una especie alternante y bastante tolerante a la salinidad. Es una especie muy rústica en cuanto a necesidades de suelo y agua, pero cosechas elevadas solo se pueden alcanzar en buenas condiciones de cultivo. Prolifera mejor en ambientes secos y vegeta bien en condiciones extremas de frío invernal y de calor estival, pero necesita entre 6 y 7 años en secano y 5 y 6 años en regadío para entrar en producción. En regadío, alcanza plena producción a los 10-12 años de edad. Las producciones medias deberían situarse en secano (1.000 kg/ha, frutos pelados, secos y sin vacíos) y en regadío, mínimo de 1.500 kg/ha (Socias i Company and Couceiro, 2014). La mayoría de las plantaciones españolas son en secano, pero la mayor rentabilidad se alcanza en regadío. Los marcos de plantación más utilizados son entorno a 7m x 6m y al ser una planta dioica requiere el uso de polinizadores (aproximadamente 12,5%). Hay que considerar las diferentes necesidades de frío invernal de las variedades (300-1.200 horas por debajo de 7°C). Cada variedad hembra coincide mejor en floración con una variedad masculina. Así la variedad femenina más utilizada hasta ahora ‘Kerman’, exigente en frío, solapa con ‘Peters’. En el caso de ‘Larnaka’, con menos requerimientos en frío, un polinizador adecuado es el macho ‘C’ Especial. Actualmente, hay otras variedades provenientes de Univ. California, Davis; femeninas como ‘Golden Hills’, ‘Lost Hills’ y ‘Grumdrop’ y masculinas como: ‘Randy’, ‘Tejon’ y ‘Famoso’ pero están todavía sin experimentar en España.

6. Castaño

El gran productor de castaña de fruto es China con el 72% de la producción mundial (superior a 2.000.000 t/año) según datos FAO (2021). Sin embargo, ese fruto no corresponde a la especie *C. sativa*, la castaña consumida por los europeos desde la antigüedad, sino mayoritariamente a *C. mollissima*, La Península Ibérica por su lado produce el 60% de la castaña consumida en Europa, unas 200.000 t/año (FAOSTAT 2021). Destacan también la presencia de castaña del Perú y de Chile en los mercados europeos.

Las castañas de la Península Ibérica provienen mayoritariamente de plantaciones, muy a menudo irregulares, que están gestionadas extensivamente. La conservación del actual hábitat del castaño en la PI requiere de una gestión sostenible que garantice su supervivencia frente al cambio climático. El castaño abunda en la PI húmeda septentrional, desde Galicia-norte de

Portugal hasta Cataluña, excepto en la zona pirenaica, también en las sierras del sur Oeste y en las sierras penibéticas y en la isla de La Palma en Canarias. Se dan dos tendencias productivas muy claras, en la zona norte son masas tradicionales mientras que en el centro y sur de España existen plantaciones regulares plantadas para la producción de fruto. La cosecha se inicia tempranamente en Andalucía sobre el 15 de septiembre, siendo las castañas del Valle del Genal de las primeras en llegar a los mercados europeos, y se finaliza sobre el 10 de noviembre en la zona norte de Galicia y Asturias.

En los últimos años están aumentando las plantaciones regulares destinadas exclusivamente a la producción de fruto en todas las zonas, con los árboles gestionados como frutales, y también se observa la tendencia a realizar mejores cuidados a las masas más asilvestradas, dado que muchas de ellas en algún momento fueron masas injertadas. Uno de los grandes avances que se han producido en este cultivo ha sido la mejora en el conocimiento del chancro, *Chryphonectria parasítica*, para aplicar un control biológico con el uso de cepas hipovirulentas (Robin y Heiniger, 2001) y más recientemente con la suelta masiva de *Torymus sinensis* para el control de la avispa (*Dryocosmus koryphilus*), especialmente en Galicia, que ha dado resultados muy positivos. Como es más habitual de lo deseado en esta época de globalización, una nueva enfermedad, que provoca la pudrición del fruto, se ha detectado tanto en España como en Portugal, sobre la que habrá que estar muy al tanto.

El origen ancestral del castaño en la Península Ibérica supone la existencia de una gran diversidad genética, desde tiempos inmemoriales el castaño se injerta y el número de variedades existentes es muy elevado; este hecho ha supuesto un gran esfuerzo de identificación. Actualmente, como variedades registradas, aquellas que pueden encontrarse en viveros comerciales, hay 42 españolas entre variedades para fruto y patrones. Entre las más conocidas 'Longal' y 'Amarelante' de Galicia, 'de Parede' del Bierzo y 'Valduna y 'Chamerga' de Asturias (Pereira-Lorenzo *et al.*, 2001). El portainjerto habitual sigue siendo el franco de *C. sativa* aunque en las nuevas plantaciones se prefieren patrones clonales híbridos (*C. sativa* x *Castaneas* asiáticas) seleccionados por su resistencia a tinta, destaca entre ellos un patrón obtenido por la empresa TRAGSA (material en vías de protección) conocido como 'PO-11' que es además altamente compatible con las variedades habituales de *C. sativa*. En Portugal, se han descrito también 23 variedades propias de las que destacan 'Longal', 'Judia' y 'Mataíña'. La gestión frutal se aplica a las nuevas plantaciones: los plantones son injertados, la formación se hace en eje más o menos estructurado, se controlan las principales plagas y enfermedades y se suelen hacer aportes hídricos. Si se realizan en zonas con poca presencia de castaño se recurre a la utilización de polinizadores. En algunas zonas donde los daños por chancro son muy importantes, se está optando por elegir variedades foráneas como 'Marigoule' o 'Précoce Micoule' selecciones francesas (híbridos naturales entre *C. crenata* y *C. sativa*) que les confieren una mayor resistencia a algunas enfermedades.

Este amplio elenco varietal permite introducir en el mercado durante un largo período de tiempo castaña fresca, pero estos últimos años los esfuerzos de industrialización de este producto ha dado buenos resultados y productos como la harina de castaña, un producto muy bajo en gluten, o las castañas confitadas, "marrón glacé", empiezan a ser demandadas por el consumidor como productos de calidad que aportan un alto valor añadido a la castaña.

7. Pino piñonero

La principal región de producción de piñón “real” del mundo es la Península Ibérica donde se encuentran las mayores masas boscosas de *P. pinea* (Mutke *et al.*, 2012) siendo este fruto seco una de las más valiosas producciones no maderable de los bosques mediterráneos. Sin embargo, esta situación está siendo amenazada por el descenso drástico de la producción de este fruto en los últimos 5 años. Las sequías recurrentes que están afectando a los bosques, la incidencia de la propagación descontrolada del chinche americano, *Leptoglossus occidentalis*, que muestra una gran preferencia por las piñas de *P. pinea*, y los hurtos continuados están reduciendo su producción a niveles que hacen temer su desaparición (Calama *et al.*, 2020; de la Mata *et al.*, 2019; Farinha *et al.*, 2021).

La producción de piñón de *P. pinea*, considerado el más valioso de los piñones, es muy difícil de evaluar, ya que a nivel comercial se engloban bajo el mismo nombre piñones de muy diferentes especies de *Pinus*. Según datos de INC (2020-2021) de los piñones censados en mercado (38.000 t), sólo el 3%, las producciones de España, Portugal y Turquía podrían considerarse de *P. pinea*, o sea unos 1.200 t/año y de esta producción la de la PI sería unas 1.000 t/año (Nutfruit, 2021)

El paso de especie forestal a una gestión de tipo agrícola supone elegir a parte de las variedades, los patrones. En este caso hay estudios desde hace más de 30 años que demuestran que los injertos de pino piñonero son posibles sobre distintas especies de *Pinus*, y las condiciones edafoclimáticas marcan claramente cuáles son los patrones más idóneos. Estudios recientes del IRTA muestran que en zonas de *Pinus halepensis*, calcáreas y de suelos pesados, el mejor pie es esta especie, mientras que en los terrenos arenosos el portainjerto ideal es el propio *P. pinea* (Piqué *et al.* 2017; Guàrdia *et al.*, 2021).

El injertado de pino piñonero se ha venido realizando en trabajos de selección y mejora de esta especie y se conoce bien como realizarlo. Este conocimiento ha abierto la posibilidad a utilizar genotipos seleccionados por su producción e iniciar con este material nuevas plantaciones de *P. pinea* destinadas a la producción de piñones aplicando una gestión más agronómica que forestal. Existen 15 genotipos de *P. pinea* registrados en España y también existen selecciones en Portugal (Mutke *et al.* 2019). Así en la PI se dispone de campos de producción de púas de materiales de *Pinus pinea* que ofrecen una garantía productiva contrastada.

La gestión de estas plantaciones es de tipo agroforestal, con riego sólo a los árboles y una gestión con pocas intervenciones, desbroce y aportes esporádicos de materia orgánica y podas de limpieza cada 3-4 años. Pese a que los resultados en estas condiciones se preveían buenos, desde 2018 la entrada del chinche americano ha afectado los planes y aunque se está trabajando para conseguir su control biológico, actualmente se debe recurrir a realizar tratamientos insecticidas para su control. Bajo este manejo, los niveles productivos son altos, si consideramos que una masa forestal en buenas condiciones puede producir 500 Kg de piña verde por ha y una plantación con el manejo descrito alcanza una media superior a los 2.000 Kg de piña verde pasada la fase juvenil (>7 años) (Beltran *et al.* 2022).

Otros países como Turquía, Chile o Nueva Zelanda están desarrollando también este tipo de plantaciones, y aunque actualmente la Península Ibérica lleva ventaja se debe aplicar cuanto antes el conocimiento adquirido (Loewe-Muñoz *et al.* 2022). Estas nuevas plantaciones superan en poco todavía las 200 ha en la PI y la principal limitación es en todos los casos es la falta de

planta injertada. Poco a poco se va incrementando su producción y en Cataluña de las 2-3 ha anuales de pino piñonero injertado que se podían plantar hace dos años (marco de 6 x 6 m) se ha pasado a las 8-10 ha en 2021. Paralelamente, algunas plantaciones han optado por el injertando en campo, sin embargo, en este caso la limitación son los escasos injertadores expertos disponibles, lo que se agrava debido al corto período de realización del injerto, que no suele superar un mes.

A nivel de la Península Ibérica se está trabajando mucho en el desarrollo como frutal de esta especie. La mayor dificultad radica en que en *P. pinea* la formación del fruto que se cosecha requiere más de tres años desde su diferenciación en el ápice del brote del año hasta su cosecha. Así el árbol sustenta una carga reproductiva de varias cosechas durante el período vegetativo, dos cosechas de noviembre a abril y tres cosechas, de mayo a octubre (Guàrdia *et al.*, 2022),

8. Calidad de los frutos secos

El concepto calidad en frutos secos incluye distintos aspectos relacionados con el producto y su comportamiento durante los procesos de industrialización, conservación, distribución y consumo. En cada fruto seco debe conseguirse las condiciones adecuadas para que no se comprometa la calidad del grano y la seguridad alimentaria.

Dado que cada fruto seco tiene una cadena tecnológica diferente hay que considerar aspectos cualitativos particulares para cada caso. En general, el grado de desarrollo de cada sector está relacionado con el nivel de conocimientos disponibles, así como la actividad y financiación de los grupos de investigación implicados en su estudio y desarrollo.

8.1. Acondicionamiento de postcosecha

Se trata de la etapa inicial en la vida comercial de los frutos secos. Una vez cosechados deben ser debidamente acondicionados, lo que supone diversas operaciones para eliminar restos de hojas, ramas, piedras y polvo, así como separar el pellejo exterior en algunos casos. También se suelen separar los frutos vacíos en esta etapa. En algunos casos, estas operaciones se centralizan en grandes plantas de acondicionamiento, normalmente de tipo cooperativo, aunque también existen unidades de pequeña dimensión para el procesado de lotes en finca.

Una vez separados los frutos hay que proceder a su estabilización, dado que se trata de productos que se comercializan durante largos períodos de tiempo. El objetivo es reducir el riesgo de desarrollos fúngicos y oxidaciones, principalmente. Para ello se utilizan secaderos que reducen la humedad y la actividad de agua del producto a niveles limitantes para el crecimiento de microorganismos y se conservan en silos que eviten al máximo los aumentos de temperatura.

Existe amplia información científica y técnica sobre estas operaciones, aunque no se ha profundizado lo mismo respecto a todos los frutos secos. Así, por ejemplo, en el caso de la nuez y de la avellana el IRTA y otros grupos de investigación han realizado numerosos estudios sobre las condiciones óptimas de secado y almacenamiento en nuestras zonas de producción. Sin embargo, en el caso del pistacho existe todavía escasa información al respecto y en el caso de la almendra es necesario realizar estudios que aborden los problemas que pueden generar los nuevos modelos productivos, que implicarán también modificaciones en los sistemas de

recolección y post-cosecha. Los procesos en castaña y piñones están actualmente ampliamente industrializados, en este sentido pocos cuidados de post-cosecha son requeridos a nivel de productor transfiriéndose rápidamente la responsabilidad de la calidad del producto a la industria.

Respecto al almendro, el mayor contenido graso (en torno al 5% más de media) de la almendra mediterránea frente a la americana y australiana favorece a ciertos productos como la pasta de almendra que se ha convertido en una de las tendencias de su crecimiento (“growth drivers”) del mercado actualmente. Sin embargo, respecto a la aptitud al procesado (descascarado, calibrado, repelado, etc.), la menor resistencia mecánica (en torno al 40% menos de media) de las almendras mediterráneas frente a las americanas y australianas es un inconveniente (J. L. Balanzá, comunicación personal) suponiendo su mejora un reto para la investigación y el desarrollo de nuevas variedades o procesos.

8.2. Seguridad alimentaria

Este aspecto de la calidad es especialmente relevante en el caso de los frutos secos. La calidad y seguridad alimentaria empieza en el campo. Así, se deben considerar los residuos de productos fitosanitarios, dado que suponen una barrera importante para la exportación a algunos mercados, siendo cada vez más restrictiva la legislación en esta materia. El número de compuestos químicos a analizar hace que se trate de un aspecto especialmente relevante, debido a los costes asociados al muestreo y al propio análisis, que requiere equipos de laboratorio y personal altamente especializados.

Por otra parte, la presencia de micotoxinas es otro aspecto fundamental en los frutos secos, dado que constituyen un sustrato muy adecuado para el desarrollo de microorganismos productores de micotoxinas, especialmente del grupo de las aflatoxinas. El hecho de que algunos frutos secos se recolecten directamente del suelo incrementa el riesgo de contaminación microbiana externa. Por otra parte, la localización de las micotoxinas es muy puntual, de manera que es difícil establecer la seguridad absoluta de no contaminación en un lote grande de producto. Ello implica sistemas complejos de muestreo y dificulta el control a gran escala de la cadena productiva. Existen “kits” rápidos de análisis que suelen ser utilizados a nivel de industria y de las mismas cooperativas que reciben frutos secos.

En este sentido, cabe destacar el proyecto europeo ICT-BIOFOS, con participación española del IRTA y de la cooperativa COVAP de Córdoba, para el desarrollo de un equipo portátil, de fácil manejo y con capacidad para operar en ambientes “sucios”, que permite la detección “in situ” de pesticidas y micotoxinas en frutos secos y fruta deshidratada (entre otros tipos de alimentos). Se trata de una tecnología que ha demostrado ser viable, con los límites de detección adecuados a las bajas concentraciones de estos contaminantes (ppm, ppb e incluso ppt en algunos casos). Sin embargo, todavía el equipo está a nivel de pre-prototipo.

La almendra mediterránea presenta una problemática específica a nivel de seguridad alimentaria, relacionada con la presencia de almendras amargas mezcladas en los lotes entregados por algunos agricultores, y que posteriormente no pueden ser debidamente separadas. Las almendras amargas, procedentes normalmente de árboles de semilla, contienen amigdalina y prunasina que son compuestos glucósidos que pueden generar cianuro tóxico. Y así está considerado en algunos países (como EEUU o Japón). De manera que la presencia de

almendras amargas en lotes comerciales es un problema más de tipo sanitario que de calidad comercial. En España, se constituyeron dos Grupos Operativos nacionales para abordar este problema y diseñar sistemas que permitan la detección de almendros amargos, de lotes con almendras mezcladas e incluso la separación industrial de dichas almendras amargas mezcladas en lotes dulces. Esta problemática también está disminuyendo en los últimos años con el aumento de producción de plantaciones monovarietales y su comercialización por grandes partidas.

En el caso de los productos como la castaña y el piñón su gestión productiva más agroforestal supone un bajo consumo de productos fitosanitarios siendo en muchos casos el control de plagas y enfermedades habitualmente hecho mediante control biológico.

Respecto al piñón real, el consumidor debe ser muy prudente y asegurarse de que lo que está consumiendo es realmente el fruto de *P. pinea*. Además de que los demás piñones son muy pobres en proteína y que el piñón real supera fácilmente el 25%, los demás parámetros bioquímicos son muy diferentes y mientras que en las dietas equilibradas se añaden piñones de *P. pinea*, la utilización de otras especies de piñones como sucedáneos puede llegar a provocar incluso problemas alimentarios (Evaristo *et al.*, 2013).

La castaña tiene a su favor el bajo contenido en grasas frente al resto de los frutos secos y especialmente que su harina puede ser el sustituto adecuado a la harina de trigo en las dietas para celíacos.

8.3. Calidad comercial

Finalmente, dado que los frutos secos se tratan en muchos casos como productos industriales, son también fundamentales los aspectos relacionados con la calidad comercial de los lotes que entran en el mercado. Como industria en general, es muy importante la uniformidad de lotes y la uniformidad entre lotes que son claves para la comercialización de los frutos secos. Este aspecto supone una variable multi-componente y muy relacionada con cada cadena de transformación-comercialización. Así, en el caso de lotes suministrados a otras industrias como la chocolatera, la ausencia de artefactos es fundamental, pero también los son la presencia de frutos rancios o de campañas anteriores (que tendrán una vida útil inferior al resto de frutos que configuran el lote). La uniformidad de calibres (especialmente cuando se utiliza el fruto entero), la ausencia de malformaciones y manchas en el grano, etc., también son factores limitantes importantes.

La adaptación de los lotes a los diferentes procesos industriales es también muy relevante, aunque no siempre es debidamente atendida. Gran parte de dicha adaptación pasa por una adecuada homogeneización, no sólo de calibres sino también de variedad, ya que es la variedad la que determina numerosas propiedades de aptitud industrial, como la resistencia mecánica, la vida útil, el sabor, la velocidad de desarrollo de aroma y color durante la cocción, e incluso el valor nutritivo que depende de su composición química (grasa, proteína, ácidos grasos, fibra, minerales, etc.). Existen numerosos estudios sobre estos aspectos, para el caso de la almendra y, en parte, para la avellana. Sin embargo, la nuez y el pistacho todavía requieren ser mejor analizados, así como numerosos aspectos que relacionan variedad-proceso-aceptabilidad a nivel de consumidores y de industriales.

9. Retos y perspectivas (fortalezas y amenazas)

La nueva PAC 2023-2027 caracterizada por políticas derivadas del Pacto Verde europeo y de estrategias “del campo a la mesa” y de “biodiversidad” que obligan a una importante reducción del uso de fitosanitarios, fertilizantes y a un aumento de la producción ecológica van a marcar las directrices de la producción europea de frutos secos. A ello se debe añadir los objetivos de neutralidad climática en emisiones de efecto invernadero para el año 2050. La sostenibilidad general del sistema debe considerar conceptos como la economía circular (aprovechamiento del 100% de los productos y subproductos de los procesos), la huella de carbono generada, con tendencia a la neutralidad derivada de la actividad en todos los procesos y por último considerar que la Península Ibérica es la compra de proximidad de Europa y países mediterráneos y se debe explotar comercialmente. Otro aspecto a resaltar en nuestro entorno mediterráneo es la gestión racional del agua en las plantaciones implementando las prácticas más responsables y sostenibles para su uso.

Respecto a material vegetal (patrones y variedades), en almendro de cáscara dura, en la PI somos autónomos (programas de mejora españoles, CITA, IRTA y CEBAS-CSIC) y en la cuestionada cáscara blanda (dependemos de las variedades Californianas hasta ahora). Recientemente, tanto el CEBAS-CSIC como el IRTA han introducido variedades de cáscara blanda en el mercado. En avellano, las variedades autóctonas son aún muy plantadas, pero hay iniciativas de uso de las del programa de la Universidad de Oregón. En patrones prevalece el material de Oregón que es libre. Respecto al material (patrones y variedades) de nogal y pistachero la dependencia del material californiano (Universidad de California) es casi total. En castaño, sólo algunas nuevas plantaciones utilizan variedades foráneas y el gran aprecio del consumidor europeo por la castaña ibérica lleva a utilizar cultivo de las variedades autóctonas. Cada zona de cultivo parece tener claras preferencias por sus propias variedades. Además, dado que en cada zona no existen las mismos GCV (Grupos de Compatibilidad Vegetativa) del chancro, si se quiere controlar esta enfermedad por métodos biológico mediante la aplicación de cepas hipovirulentas, es aconsejable no utilizar materiales propagados en otras zonas sin tener una absoluta seguridad de que están libres de chancro, una garantía a menudo difícil de cumplir (Aguin *et al.*, 2011, Muñoz-Adalia *et al.*, 2021). Los materiales seleccionados de pino piñonero son todos autóctonos, en España corresponden a selecciones clonales realizadas por el CIFOR-INIA (Mutke, *et al.*, 2019). En el caso de los patrones, el IRTA en colaboración con Forestal Catalana, está seleccionando pies francos en dos especies de *Pinus*, el propio *P. pinea* y el *P. halepensis* para así ampliar el área de cultivo de esta especie a condiciones de suelo más pesadas y calcáreas, muy abundantes en todo el litoral mediterráneo (Guàrdia *et al.*, 2021).

Como consecuencia del cambio climático, en los últimos años el almendro, principalmente en algunas zonas, está sufriendo heladas muy tardías que afectan a su producción. Por falta de frío invernal y irregularidad de las estaciones climáticas en almendro, nogal y avellano se están produciendo desajustes fenológicos y de ciclo vegetativo que afectan negativamente a su producción. Respecto al pistachero para la mayoría de sus variedades las necesidades de frío son elevadas (aproximadamente 900 horas por debajo de 7°C). Existen también variedades originarias de zonas litorales mediterráneas (Grecia, Chipre, Túnez) y australianas con menores necesidades de frío invernal. En el castaño la falta de agua en verano está condicionando enormemente su capacidad de llenado del grano, es muy conveniente disponer de un soporte

hídrico en muchas de las zonas donde se desarrolla actualmente el cultivo. Tanto el castaño como el pino piñonero están sufriendo estos últimos años unos daños muy importantes por plagas emergentes y de manera recurrente. Si se quiere seguir obteniendo frutos comerciales en estas especies, el manejo debe centrarse en paliar tanto los efectos de la sequía como los daños bióticos a los que se ven sometidas.

Los modelos y sistemas productivos de las especies de frutos secos han experimentado una innovación y tecnificación, similar a los de otros frutales. La reestructuración y modernización del sector está realizándose actualmente con dinamismo y éxito. El sector afronta el reto de nuevas enfermedades y plagas (*Xylella*, bacteriosis, chinches etc.) que deberán estudiarse mejor para su adecuada gestión.

El almendro, el nogal y el pistachero en algunas zonas de buenos suelos y en regadío con ciclos vegetativos largos (Valles del Guadalquivir y del Guadiana) puede alcanzar potenciales productivos elevados, al mismo nivel que en las mejores zonas de producción del mundo. En la región del Alentejo, Portugal, la extensa zona (110.000 ha) puesta en regadío por del embalse de Alqueva sobre el río Guadiana, ha visto un desarrollo importante del cultivo del almendro y en menor medida del nogal y todavía ofrece grandes oportunidades de inversión y desarrollo del cultivo de frutos secos. El avellano y el castaño por sus exigencias edafoclimáticas tiene un potencial de cultivo más restringido a zonas muy delimitadas. En contrapartida el pino piñonero está demostrando una extraordinaria plasticidad productiva y si se soluciona la selección de patrones, su expansión por la PI en terrenos de secano y de bajo potencial agronómico puede ser importante (Guàrdia *et al.*, 2021; 2022).

El castaño empieza a ser considerado como una especie frutal pero no es el caso del pino piñonero ya que, dado el origen principal de su producción, las masas forestales, a menudo resulta difícil que se le puedan aplicar tanto a nivel de gestión como de mercado las mismas tecnologías que en el resto de los frutos secos.

La recolección de los frutos secos es una operación básica del cultivo por su elevado coste económico e incidencia en su calidad. En general, la almendra y el pistacho se recogen del árbol con vibradores y, la avellana y la nuez (tras un vibrado del árbol) del suelo con maquinaria especializada. La recolección de la castaña es todavía muy manual, los erizos maduros se recolectan del suelo a mano o por aspiración. En el caso del pino piñonero la recolección es directa del árbol siempre que el tamaño del árbol lo permita, con los adecuados elevadores, sin embargo, en masas adultas, más de 20-25 años, se debe recurrir al vibrado para desprender las piñas y a mano se recogerán del suelo.

Esta práctica, en el caso del almendro en nuevas plantaciones con mayores densidades, está cambiando a recogida directa con cosechadoras cabalgantes y en algunos casos del suelo mediante otros sistemas. La recogida de los frutos secos del suelo mediante aspiración y barredoras mecánicas tiene efectos medioambientales perjudiciales como es la contaminación aérea por polvo durante la cosecha en zonas de concentración productiva. El mantenimiento del suelo enherbado en estos casos puede ser beneficioso para reducir la generación de polvo y consecuentemente la contaminación del aire. Cuando los frutos secos se cosechan desde el suelo la operación debe hacerse con rapidez y limpieza para evitar mermas de calidad.

La mayor inversión en cualquiera de las seis especies es el coste de plantación. La preparación del terreno, la compra de los árboles y su realización representan el mayor gasto en la vida de la explotación. El marco de plantación determina el número de árboles por hectárea y, por tanto, el presupuesto en material vegetal de la inversión. Existe una tendencia generalizada hacia el aumento de densidades y la mecanización integral en los seis cultivos. En almendro hay notables diferencias de inversión según modelos productivos (secano versus regadío, densidades, tipos de formación, etc.) repercutiendo en los sistemas de recolección (sistemas discontinuos y continuos). La posibilidad de utilizar plántones autoenraizados para realizar plantaciones en varias especies (almendro, avellano y nogal) y en determinadas condiciones agroclimáticas puede reducir el coste de la inversión inicial.

La producción de frutos secos en España puede avanzar y ser más competitiva a nivel mundial si se invierte en su innovación en toda la cadena de valor. Las estructuras de transformación y comercialización están desarrolladas, tienen gran capacidad y funcionan bien. Comparativamente con Portugal, las carencias de su sector de frutos secos son mayores que las españolas y queda un camino a recorrer, pero existen iniciativas actualmente, sobre todo productivas, muy importantes que están originando sinergias muy positivas con el sector español. A nivel mundial y respecto a los frutos secos, la actual incertidumbre y amenazas sobre el futuro económico en la mayoría de los países a largo plazo aparece como la principal preocupación del sector.

La industria chocolatera europea explora en los últimos años la viabilidad de abastecerse, al menos para algunas de sus especialidades, con frutos secos europeos. Ello se debe a diversos motivos, que afectan de manera diferente según sea el tipo de fruto seco.

Por una parte, las industrias deben cumplir con su responsabilidad en la sociedad (RES), lo que implica la necesidad de poder asegurar que toda la cadena de producción (“farm-to-fork”) ha respetado principios éticos, medioambientales, de derechos humanos y de desarrollo comunitario, entre otros, lo cual afecta más a determinados países productores y a sus principales frutos secos producidos: avellana, pistacho, castaña (Turquía, Irán, China, etc.). Otros temas como la huella de carbono, huella hídrica y producción de proximidad afectan más a grandes países productores de almendra, nuez y piñón (Estados Unidos, Australia, España, Chile, Portugal, etc.).

Almendro

El almendro es un cultivo económica y socialmente muy importante en España, que se encuentra actualmente en un proceso de cambio y expansión. El almendro está sustituyendo tanto a cultivos herbáceos (leguminosas y cereales) como leñosos en varias zonas de agricultura avanzada (Valles del Guadalquivir y del Guadiana) y ocupando nuevas zonas de regadío (Castilla-La Mancha, Aragón y Cataluña) y Alentejo en Portugal. También otras regiones como Castilla-León están viviendo su expansión. La producción española, se basa en variedades de cáscara dura a diferencia de la californiana y australiana basadas en almendras de cáscara mollar o blanda y está aumentando considerablemente. Se prevé que la producción española de almendra en grano alcance unas 200.000 t. en 2025-2030.

Aunque ya se han producido importantes mejoras, es necesario que este proceso continúe y se renueven o transformen grandes superficies de dudosa rentabilidad y escasas alternativas. El

potencial productivo del cultivo en regadío, aplicando un adecuado manejo, es elevado, similar al de California y Australia. Es también un frutal con potencial para regadíos con dotaciones de agua escasas. En secanos frescales, con pluviometría en torno a 500 mm/año, puede ser un cultivo competitivo según la evapotranspiración de cada zona. Así, se han realizado plantaciones con variedades autoenraizadas cuyas producciones pueden competir ventajosamente con las de los cereales (Iglesias, 2021a). Existen muchas zonas de secano duro que no pueden ser rentables por sus bajas y aleatorias producciones. En estos secanos áridos, tiene una función medio ambiental, más que económica. Por otra parte, la producción ecológica en estas situaciones puede ser una opción si se consiguen diferenciales de precio importantes de la almendra respecto a producción convencional como parece ser la tendencia de consumo actualmente en determinados países. En California y en Australia, produciendo variedades de cáscara blanda, es imposible producir en ecológico.

Uno de los retos más importantes que tiene el almendro en España es la actual modernización para poder aumentar su productividad y acercarse así a la de los principales países productores del mundo: EEUU y Australia. Para conseguir este reto es necesario que el cultivo alcance su máximo potencial productivo, por lo que el manejo de las plagas y las enfermedades para evitar posibles pérdidas de cosecha resultará básico. En los próximos años, debido al incremento de la superficie plantada de almendro y al cambio del modelo productivo, con una tendencia a la intensificación de las plantaciones (mayor densidad de árboles y por tanto, mayor volumen de copas y menor aireación), los daños y las pérdidas debidas a ciertos patógenos tenderán a incrementarse.

Han aparecido nuevas enfermedades o plagas, o incluso las que ahora son poco relevantes lo serán en nuevas zonas de la península ibérica donde no se había cultivado anteriormente el almendro (Torguet *et al.*, 2016). Entre las plagas y enfermedades, estas últimas posiblemente serán el factor más determinante. A la dificultad de su control se le añade el hecho de la poca disponibilidad de productos fungicidas o bactericidas. Por otra parte, la reciente aparición de *Xylella* en zonas de Mallorca (2016) y Alicante (2017) (<https://gd.eppo.int/taxon/XYLEFA/distribution/ES>) representa una amenaza muy importante para el almendro y otros frutales. En este caso el mayor conocimiento de la sensibilidad varietal a esta bacteria resulta clave en la elección varietal para su manejo y control.

Las enfermedades que pueden afectar gravemente a las plantaciones de almendro españolas son la mancha ocre, causada por el hongo *Polystigma amygdalinum* y la moniliosis, causada por el hongo *Monilia laxa*. Sin embargo, en las zonas litorales el chancro o “fusicoccum” causado por el hongo *Phomopsis amygdali*, sigue siendo la enfermedad que produce mayores daños en el almendro. Además, en los últimos años también ha habido un repunte de enfermedades como la roya causada por el hongo *Tranzschelia pruni-spinosa*, el cribado producido por el hongo *Wilsonomyces carpophila* y la abolladura producida por *Thaprina deformans*. Entre las nuevas enfermedades destaca la mancha bacteriana (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*), que apareció inicialmente en ciruelo japonés en Extremadura en 2002 (<https://gd.eppo.int/taxon/XANTPR/distribution/ES>) y se ha ido extendiendo por varias zonas de la península, Andalucía, Aragón, Baleares, Cataluña, Comunidad Valenciana, Navarra, etc. Es una enfermedad, en la cual la única estrategia de manejo es la aplicación de cobre en vegetación, para mantenerla por debajo del umbral de daños y prevenir contaminaciones en otras

plantaciones. El chancro de la espuma, es otra nueva enfermedad, observada de forma esporádica en diferentes fincas de almendros de toda España. Es una enfermedad de etiología aún desconocida, con una sintomatología muy espectacular, debido al chancro espumoso de color naranja que produce, acompañado de un olor a alcohol. Cabe destacar también, la antracnosis (*Colletotrichum acutatum*), que no es una nueva enfermedad, pero que ha aparecido con cierta virulencia en zonas muy cálidas y de elevada humedad ambiental de Andalucía y el sur de Portugal, produciendo daños muy importantes con pérdidas de cosecha de alrededor del 80% de la producción en casos extremos. Finalmente cabe comentar la gravedad de la enfermedad causada por *Xylella fastidiosa*, muy nueva en España, pero que puede ser condicionante del crecimiento del cultivo en las zonas afectadas, tal como ya sucede en Mallorca y Alicante.

El manejo de estas enfermedades es y será clave para poder alcanzar el máximo potencial productivo de las nuevas variedades y poder asegurar la viabilidad económica de las nuevas plantaciones de almendro que se están realizando en España y Portugal. Conocer el ciclo de cada enfermedad, las herramientas de control y la sensibilidad varietal será básico para definir una adecuada estrategia de control en cada caso.

Avellano

En España, como se ha comentado anteriormente, después de la reducción drástica de la superficie destinada a este cultivo, los últimos 10-12 años, se está produciendo una recuperación. Los agricultores jóvenes arrancan las plantaciones viejas y plantan de nuevo. Con plantones de calidad y con garantía sanitaria. La mayoría de las nuevas plantaciones se realizan a un solo pie (plantón autoenraizado o injertado) (Rovira *et al.*, 2015), aunque algunos agricultores aún optan por plantar 2 o 4 pies por árbol, como se ha hecho tradicionalmente. Se observa, de este modo, una renovación de las plantaciones, con la idea de poder realizar las tareas de campo y la recolección de un modo mecanizado, para reducir costes y facilitar el trabajo en campo de los agricultores. En Portugal también se ha producido, después de una época de bajos precios, un resurgimiento del cultivo durante los últimos años. En avellano es posible el cultivo en ecológico con un esmerado manejo de la plantación.

Como innovación del cultivo cabe decir que empresas españolas están apostando por el avellano con el objetivo de ir hacia una intensificación del cultivo. De este modo, han iniciado ensayos de plantaciones de alta densidad en distintas zonas de España, teniendo como modelo las plantaciones intensivas, ya existentes, de olivo y almendro (Iglesias, 2020b). Ello posibilitaría una entrada en producción de las plantaciones más rápida, la mecanización de la poda y una reducción de los costes de producción. Este tipo de plantaciones comerciales a marcos estrechos (5m x 3m o 5m x 2,5m), ya existen en Chile, con muy buenos resultados.

Tanto en España como en Portugal la producción ecológica de avellana tiene su nicho y es cada vez más importante por los mejores precios obtenidos. Cabe mencionar también el interés manifestado en los últimos años por salvaguardar y dar valor al avellano de montaña. Investigaciones realizadas en el IRTA, concluyen que, para algunas variedades, la avellana cultivada en zona montañosa tiene propiedades distintas que la avellana cultivada en el llano (Parcerisa *et al.*, 1993), siempre a favor de la avellana de montaña: mejor composición, más aceite, más ácido oleico, estabilidad, vitamina-E, contenido en hierro, así como una menor

acidez libre y menor contenido en ácido linoleico. Estas propiedades hacen de la avellana de montaña, un producto más saludable.

En los últimos años, se ha detectado en Cataluña, un interés por parte de los agricultores en adaptarse a la situación del mercado. Se han percatado que no pueden competir con la producción y precios de Turquía, por lo que han apostado, más por la calidad de la avellana que por la cantidad producida. En este sentido, existen iniciativas de los propios agricultores de transformar el producto ellos mismos (avellana tostada, caramelizada, con chocolate, etc.), siempre considerando la calidad del producto, y ofrecerlo al mercado de proximidad, mercado cada vez más valorado en nuestra zona. Es la única vía que los agricultores ven posible para continuar cultivando este fruto seco tan saludable.

Todos estos aspectos considerados, y sabiendo que existe una demanda de consumo creciente a escala mundial de este fruto seco, superior a la producción actual, auguran un cambio positivo de la situación de la avellana en la Península Ibérica. Estos cambios que tendrían que ir acompañados, también, de una revalorización de la avellana, traducida a un mejor precio para el agricultor.

Nogal

El futuro del nogal es prometedor en algunas zonas de la Península Ibérica. En España y Portugal existen buenas zonas para el desarrollo de este frutal, que está en lenta pero continua expansión desde hace años. Se realizan plantaciones grandes y con una gestión integral avanzada. En general, las modernas plantaciones se han realizado siguiendo criterios técnicos adecuados, pero no siempre eligiendo las variedades y patrones, más idóneos, a menudo se ha recurrido a lo existente en el mercado en el momento de plantar. Hay que incidir en ventajas competitivas como la recolección precoz utilizando determinadas variedades y el buen calibre de la nuez. Sin embargo, el cambio climático con la reducción de horas frío puede afectar muy negativamente a su producción en zonas de clima suave como se está ya observando desde hace años. España, fue pionera a nivel mundial en la producción de planta "in vitro" de nogal. Este tipo de producción viverística se discontinuó y en la actualidad se realiza a pequeña escala para la producción de algunos patrones híbridos como el 'Vlach'. Las nuevas plantaciones se realizan mayoritariamente con planta injertada sobre patrón franco de J. regia.

Pistachero

El pistachero, por sus exigencias agroecológicas similares a las del almendro, es una posible alternativa a este cultivo en zonas frías. Por su floración tardía (abril), el pistachero es potencialmente interesante en amplias áreas donde el almendro sufre riesgo de pérdida de cosecha por heladas primaverales. Sin embargo, su lenta entrada en producción (5º/6º año de injerto en regadío), el elevado precio de la planta, la limitada calidad de los plantones, su escasa disponibilidad y el difícil manejo del cultivo, restringen su potencial desarrollo.

Castaño

El futuro del castaño pasa necesariamente por elegir bien el material vegetal para cada zona, lo que supone un reto de selección importante para los próximos años. Hay que tener cuidado con la proliferación de *Phytophthora* y con la fragilidad de esta especie frente a las sequías y a diferentes plagas emergentes. Difícilmente el hábitat de esta especie va a salir de las zonas

húmedas de la PI, el buen llenado del fruto precisa agua en verano, lo que resulta difícil de garantizar en muchas de las zonas de clima más mediterráneo.

Pino piñonero

La actual situación de decrepitud de las masas boscosas de *P. pinea* causada por las sequías recurrentes y los daños por plagas y enfermedades indica que en el futuro los piñones no van a ser un producto del bosque. Mantener la producción de piñón supondrá aplicar una adecuada gestión agronómica a las nuevas plantaciones. La selección de clones productivos de esta especie ha sido el gran logro sobre el que se sustenta el futuro de esta producción. El principal cuello de botella radica en la escasez de plantas injertadas y en qué esta especie está considerada una especie forestal y como tal sometida a las normativas de producción y control sanitario de cualquier material forestal de reproducción. En los últimos dos años se vislumbra un cierto optimismo por el interés demostrado por los viveros por esta especie. Su desarrollo como “cultivo frutal” está generando grandes expectativas dentro y fuera de la PI, pero no hay que olvidar que esta especie está todavía poco estudiada como ‘frutal’ y que habrá que estar muy al tanto de los conocimientos que en los próximos años se vayan generando.

Viverismo

Un aspecto muy importante y no resuelto todavía en el sector viverista español es la utilización de material vegetal certificado, es decir, con garantías de autenticidad genética y sanitaria (libre de virus y de enfermedades). Actualmente en España sólo el agricultor de almendro puede comprar planta certificada en vivero. Las otras cinco especies no disponen todavía de esquemas de certificación a nivel nacional. Ello sitúa a nuestro sector en una posición de desventaja respecto a otros países que pueden garantizarla. La calidad y garantía del material vegetal inicial en plantaciones de larga vida útil es básica. Cualquier error en el momento de realizar la plantación tiene un coste elevado si debe ser subsanado posteriormente. En España el sector productor cuenta con algunos viveros altamente tecnificados y de gran capacidad productiva.

Investigación y organización del sector

Otro aspecto clave de este sector agrícola estratégico ibérico para su futura competitividad es la innovación y el desarrollo tecnológico del mismo. Ello requiere invertir en I+D+t y en España existen instituciones y grupos consolidados para obtener el material vegetal y desarrollar la tecnología adecuada para que toda la cadena de valor pueda utilizar y aplicar los avances alcanzados. Resulta por ello imprescindible que el sector se implique en la financiación de la I+D+i, aportando recursos, como se realizan, desde hace muchos años, en nuestros países competidores (EE.UU. y Australia). En España, la mejora genética de variedades y patrones de almendro es un ejemplo del éxito de la investigación pública a nivel internacional. Su financiación, en parte, vía el cobro de “royalties” se ha consolidado, pero todavía se cometen muchos fraudes que deben evitarse.

El sector de la fruta seca español está bien organizado (OPFHs) y capacitado técnicamente disponiendo de dos consolidadas asociaciones: Spanish Almond Board-ALMENDRAVE y AEOFRUSE, que junto con DESCALMENDRA, deben jugar un papel clave en la renovación, expansión y el desarrollo del mismo. Sin embargo, en el caso de la almendra de la PI y a nivel de actuación e interlocución con otras organizaciones de productores de EE.UU. y Australia

(respectivas Almond Boards) se debe potenciar su presencia e influencia como importante región productora. En Portugal, el Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos (CNCFS) tiene como objetivo promover el desarrollo del sector de la fruta seca agrupando a más de 50 entidades relacionadas con la producción, el procesado, el “marketing” y la I+D+i. A nivel de la Península Ibérica, sería factible la constitución de una Iberian Almond Board para la representación conjunta del sector y con ello poder influenciar comercialmente. A nivel internacional, el International Nut Council (INC), con sede en Reus, agrupando a las principales empresas comercializadoras de frutos secos tiene una destacada presencia y juega un papel importante a nivel organizativo en el sector de la fruta seca a nivel mundial.

Agradecimientos

Los autores agradecen a A. P. Silva de Universidade de Trás os Montes e Alto Duoro, (UTAD) por la valiosa información facilitada en relación a la situación actual y perspectivas sobre algunos frutos secos producidos en Portugal. La autora L. Lipan ha sido financiada por el Ministerio de Universidades y por la Unión Europea-Next Generation EU en el marco de las Ayudas para la Recualificación del Sistema Universitario Español, en la modalidad Margarita Salas.

Bibliografía

- Aletà, N.; Rovira, M. (2014). El nogal para fruto en España. Vida Rural. Dossier Frutos Secos, 34-37.
- Aguín, O.; Sainz, M.J.; Montenegro, D.; Mansilla, J. (2011). Biodiversidad e hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica* en Europa: implicaciones para el control biológico del cancro del castano. Recursos Rurais no 7: 35-47.
- Almond Board Of Australia (Aba). Disponible en: www.australialmonds.com.au
- Batlle, I.; Aletà, N., Rovira, M., Torguet, L., Miarnau, X., Romero, A. (2017). Situación actual de los frutos secos en España. Especial Frutos Secos. Vida Rural 200. Año XXIV-24. Nº 440: 24-30.
- Batlle, I.; Aletà, N., Rovira, M., Torguet, L., Miarnau, X., Romero, A. (2018). Retos de futuro de los frutos secos en España. Vida Rural 200. Año XXV-1. Nº 442: 70-78.
- Beltrán, M.; Pallarés, M.; Coello, J.; Busquets, E.; Piqué, M. (2022). Gestió de les masses i plantacions de pi pinyer a Catalunya i els Pirineus Orientals: viabilitat de la producció de pinyó. Projecte Quality Pinea. 52 p.
- Calama, R.; Gordo, J.; Mutke, S.; Conde, M.; Madrigal, G.; Garriga, E.; Arias, M.J.; Piqué, M.; Gandía, R.; Montero, G.; *et al.* (2020). Decline in commercial pine nut and kernel yield in Mediterranean stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain. iForest-Biogeosciences For.13, 251–260.
- Campa, A.; Rovira, M.; Ferreira, J.J. (2020). El avellano en Asturias: diversidad genética local y guía para su recuperación. SERIDA, Gobierno del Principado de Asturias, 75p.

3. Cultivos

- De La Mata, R.; Teixidó, A.; Aletà, N.; Torrell, A.; Ros, L.; Segarra, M. (2019). La producció de pinyons en plantacions empeltades. In XXXVI Jornades Tècniques Silvícules Emili Garolera; Consorci Forestal de Catalunya: Girona, Spain. p. 86.
- Dicenta, F.; Cremades, T.; López-Alcolea, J. Rubio, M.; Martínez-García, P. J.; Sánchez-Pérez, R.; Martínez-Gómez, P.; Egea, J. (2022). 'Florida' y 'Alaska' dos nuevas variedades de almendra auto-compatibles de cáscara blanda. *Fruticultura* 87: 44-53.
- Doll, D.A.; Serrano, P.; Freire De Andrade, J. (2021). Almond production in Portugal: planting trends and production challenges within a developing industry. *Acta Horticulturae*, 1327: 253-260.
- Evaristo, I.; Batista, D.; Correia, I.; Correia, P.; Costa, R. (2013). Chemical profiling of Portuguese *Pinus pinea* L. nuts and comparative analysis with *Pinus koraiensis* Sieb. & Zucc. commercial kernels. *Options Mediterr. Mediterr. Stone Pine Agrofor*. 2013, 105, 99–104.
- FAOSTAT (2021). Crops. Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Farinha, A.O.; Carvalho, C.; Correia, A.C.; Branco, M. (2021). Impact assessment of *Leptoglossus occidentalis* in *Pinus pinea*: Integrating population density and seed loss. *For. Ecol. Manag.* 496, 119422.
- Felipe, A.J.; Rius, X.; Rubio.Cabetas, M J. (2022). El cultivo del almendro (El Almendro II, 2ª Edición) 567 pp.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). FAOSTAT. Disponible en: www.fao.org
- Guàrdia, M. Teixidó, A.; Segarra, M.; Aletà N. (2022). Comportamiento productivo del pino piñonero injertado sobre *P. halepensis* con diferentes dotaciones hídricas. 8º Congreso SECF, Lleida.
- Guàrdia, M.; Teixidó, A.; Sanchez-Bragado, R.; Aletà, N. (2021). An Agronomic Approach to Pine Nut Production by Grafting Stone Pine on Two Rootstocks. *Agriculture* 2021, 11,1034. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111034>
- Grunert, K. G., Janssen, M., Nyland Christensen, R., Teunissen, L., Cuykx, I., Decorte, P., *et al.* (2022). "Corona Cooking": The interrelation between emotional response to the first lockdown during the COVID-19 pandemic and cooking attitudes and behaviour in Denmark. *Food Quality and Preference*, 96, 104425. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104425>
- ICT-BIOFOS. Specific-target research program (STREP) co-funded by the European Commission under the 7th Framework Programme. Disponible en <http://www.ict-biofos.eu/> .
- Iglesias, I. (2020). El avellano: situación actual y nueva propuesta productiva de alta densidad. *Fruticultura*, 75: 6-51.
- Iglesias, I. (2021a). El almendro autoenraizado en seco. *Olint* 36: 20-25.
- Iglesias, I. (2021b). El avellano: situación actual y nueva propuesta productiva en alta densidad. *Olint* 37: 60-66.

- Iglesias, I.; Foles, P.; Oliveira C. (2021). A amendoeira em Portugal e Espanha: Situação, inovação tecnológica, custos, rentabilidade e perspectivas (Parte I). Agriterrra
- International Nut Council (INC). Nuts and dried fruits. Statistical Yearbook (2016-2017). Disponible en: www.nutfruit.org/files/tech/1497859419_Statistical_Yearbook_2016-2017.pdf
- Loewe Muñoz, L; Del Río, R; Delard, C; Balzarini, M. 2022 New Forests 53:37–55. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09842-5>
- Mariotti, F. (2019). Animal and Plant Protein Sources and Cardiometabolic Health. Advances in Nutrition, 10(Supplement_4), S351-S366. 10.1093/advances/nmy110
- Martín Cerdeño, V.J. (2017). Consumo de frutos secos en España. Un análisis de los perfiles de la demanda. Distribución y Consumo, Vol. 1: 103-110.
- Mazzaglia, A.; Drajs, M.I.; Turco, S.; Silvestri, C.; Cristofori, V.; Aymamí, A.; Casadó, V.; Rovira, M. (2021). First report of *Erysiphe corylacearum* causing powdery mildew on *Corylus avellana* in Spain. New Disease Reports, 44:e12035. DOI:10.1002/ndr2.12035.
- Miarnau, X.; Torguet, L.; Batlle, I.; Romero, A.; Rovira, M.; Alegre, S. (2016). Comportamiento agronómico y productivo de las nuevas variedades de almendro. Revista de Fruticultura, Especial Almendro 2016, 49: 42-59.
- Ministerio De Agricultura Pesca Y Alimentación (MAPA). Anuario de Estadística Agroalimentaria. Disponible en: www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/
- Muñoz-Adalia, E.J.; Meijer, A.; Abel J.; Colinas, C. Aletà, N.; Guàrdia, M. (2021). Evaluation of Chestnut Susceptibility to *Cryphonectria parasitica*: Screening under Controlled Conditions. Agriculture 11-115
- Mutke, S.; Calama, R.; González-Martínez, S.; Montero, G.; Gordo, F.J.; Bono, D.; Gil, L. (2012). Mediterranean Stone Pine: Botany and Horticulture. In Horticultural Reviews; Janick, J., Ed.; John Wiley & Sons Inc.: Hoboken, NJ, USA. Volume 39, pp. 153–201.
- Mutke, S.; Guadaño, S.; Iglesias, S.; León, D.; Arribas, S.; Gordo, J.; Gil, L.; Montero, G. (2019). Selection and identification of Spanish elite clones for Mediterranean pine nut as orchard crop. Options Méditerranéennes A. 112: 71-75.
- NUTFRUIT. (2021). Pine Nuts-Statistical Review. Nutfruit Magazine, March; p. 76
- Parcerisa, J.; Boatella, J.; Codony, R.; Ferran, A.; Garcia, J.; López, A.; Rafeques, M.; Romero, A. 1993. Influence of variety and geographical origin on the lipid fraction on hazelnuts (*Corylus avellana* L.) from Spain. I. Fatty acid composition. Food chemistry, 48: 411-414.
- Pereira-Lorenzo, S.; Díaz, M.B.; Ciordia, M.; Ascasibar, J.; Ramos, A.; Sau, F. (2001). Spanish Chestnut Cultivars. HortScience. 36(2): 344-347.
- Pérez De Los Cobos F.; Martínez-García, P.J.; Romero, A.; Miarnau, X.; Eduardo, I.; Howad, W.; Mnejja, M.; Dicenta, F.; Socias I Company, R.; Rubio-Cabetas, M.J.; Gradziel, T.M.; Whirthensohn, M.; Duval, H.; Holland, D.; Arús, P.; Vargas, F.J.; Batlle, I. (2021). La

3. Cultivos

- genealogía de 220 genotipos de almendro revela dos líneas de mejora principales basadas solamente en tres variedades. *Fruticultura* 84: 6-25.
- Piqué, M.; Coello, J.; Ammari, Y.; Aletà, N.; Sghaier, T.; Mutke, S. (2017). Grafted stone pine plantations for cone production: Trials on *Pinus pinea* and *Pinus halepensis* rootstocks from Tunisia and Spain. *Options Mediterr. Ser. A Mediterr. Semin.* 122, 17–23.
- Robin, C.; Heiniger, U. (2001). Chestnut blight in Europe: Diversity of *Cryphonectria parasitica*, hypovirulence and biocontrol. *For. Snow Landsc. Res.* 76, 361–367.
- Romeo-Arroyo, E., Mora, M., & Vázquez-Araújo, L. (2020). Consumer behavior in confinement times: Food choice and cooking attitudes in Spain. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 21, 100226. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100226>
- Rovira, M.; Ferreira; J.J.; Tous, J. (2008). Prospección de avellanos (*Corylus avellana* L.), en Asturias. *Fruticultura Profesional*, 174: 16-23.
- Rovira, M.; Gatell; J.M.; Pezzolla, A.; Climent, M.; Barrios, G.; Romero, A. (2021). Electos provocados por la actividad trófica del chinche *Palomema prasina* L. en las avellanas: caída prematura y manchas blancas en el grano. *Fruticultura*, 81: 50-63.
- Rovira, M.; Hermoso, J.F.; Romero, A.; Batlle, I. (2015). Las nuevas plantaciones de avellano injertado. *Vida Rural. Especial Frutos Secos Vida Rural 200. Año XXII-15. Nº 404*: 44-48.
- Rovira, M.; Hermoso, J.F.; Rufat, J.; Cristofori, V.; Silvestri, C.; Romero, A. (2022). Agronomical and Physiological behaviour of Spanish hazelnut selection ‘Negret-N-9’, grafted on non-suckering rootstocks. *Frontiers in Plant Science*, 12: 1-12.
- Rovira, M.; Hermoso, J.F.; Tous, J.; Romero, A. (2013). Comportamiento de la variedad de avellano ‘Negret’ injertada sobre patrones no rebrotantes. *Crisol*, núm. 32.
- Socias I Company, R.; Couceiro, J.F. (2014). Frutos Secos. Almendro y pistachero. La fruticultura del siglo XXI en España. Hueso, J.J.; Cuevas J. (coordinadores). Ed. Cajamar Caja Rural, 157-181. www.publicacionescajamar.es
- Sarda, B., Delamaire, C., Serry, A.-J., & Ducrot, P. (2022). Changes in home cooking and culinary practices among the French population during the COVID-19 lockdown. *Appetite*, 168, 105743. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105743>
- Torguet, L.; Batlle, I.; Alegre, S.; Miarnau, X. (2016). Nuevas plagas y enfermedades emergentes, una amenaza para el cultivo del almendro en España. *Revista de Fruticultura, Especial Almendro 2016*, 49: 152-165.
- Vargas, F.J. (2005). Árboles productores de frutos secos. Origen, descripción, distribución y producción. *Frutos secos, salud y culturas mediterráneas*. SALAS, J.; ROS, E.; SABATÉ J. (editores). Ed. Glosa: 21-54.
- World Health Organization, Food and Agriculture Organization of The United Nations WHO. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 51. Disponible en: <https://www.who.int/publications/m/item/situation-report---51>



Desde 1986 comprometidos con el medio ambiente, diseñando, ejecutando y manteniendo instalaciones frigoríficas eficientes.

Especialistas en:

- Cámaras de conservación
- Cámaras de maduración
- Cámaras de desverdización
- Cámaras de desastringencia
- Sistemas de enfriamiento rápido por aire forzado
- Sistemas de enfriamiento rápido por agua: hydrocooling estático y dinámico
- Cámaras de atmósfera controlada
- Sistemas de humidificación
- Cámaras de secado
- Software de gestión y monitorización



Estamos en Lleida, Barcelona,
Zaragoza, La Rioja, Madrid y Málaga
Tel. +34 973 202 441 · info@ilerfred.com





NatureSeal®

NatureSeal maintains the natural colour of fresh-cut avocado and guacamole without altering the flavour

NatureSeal mantiene el color natural del aguacate cortado y del guacamole sin alterar el sabor

Fresh is simple with NatureSeal

La fresca es simple con NatureSeal



Inhibits browning and prolongs shelf life in fresh cut bananas

Inhíbe el pardeamiento y prolonga la vida poscosecha del plátano en IV gama



AgriCoat NatureSeal Ltd.

T: +44 1488 648988

E: info@agriccoat.co.uk

www.agriccoat.co.uk

3.8. Los frutales (sub)tropicales en la Península Ibérica

José Jorge González Fernández e Iñaki Hormaza*

* ihormaza@eelm.csic.es

IHSM La Mayora – CSIC - UMA

Índice

1. Introducción
2. Aguacate
3. Mango
4. Chirimoya
5. Papaya
6. Pitahaya o pitaya
7. Otros frutales (sub)tropicales

Resumen

Los frutales (sub)tropicales son fundamentales para la alimentación humana en muchos países subdesarrollados y en vías de desarrollo, aunque su importancia comercial está aumentando exponencialmente a nivel mundial. En este sentido, España es el único país europeo con una producción comercial significativa de frutas (sub)tropicales que, en la Península, se concentra en la costa Mediterránea andaluza. La introducción del cultivo de frutales subtropicales a nivel comercial en esta zona comenzó en los años 1950 con el chirimoyo, seguida por el aguacate en los años 1970 y el mango a finales de los 1980. Por superficie e importancia económica, el frutal subtropical más importante en la Península es el aguacate (con unas 15.500 ha), seguido del mango (en crecimiento exponencial con unas 5.000 ha) y el chirimoyo (alrededor de 2.700 ha), cultivo del que España es el mayor productor mundial. Además, existen otras especies (lichi, longan, pitaya, carambola, papaya o lúcumo) con un claro potencial futuro. Aunque hay diferencias en la comercialización de estos cultivos (mientras una gran parte de la producción de aguacate y mango se dedica a la exportación, el 90% de la producción de chirimoya se dedica al mercado nacional) la producción de todos ellos se caracteriza por su cercanía a los mercados europeos y por una mínima aplicación de productos fitosanitarios lo que les hace ser cultivos rentables con un impacto significativo en la economía de las comarcas implicadas. Además, son cultivos en expansión a otras áreas en España, como el Levante o la costa atlántica andaluza, y en otros países del Mediterráneo en los que las condiciones climáticas actuales y futuras, debido al cambio climático, permiten o pueden permitir su cultivo.

1. Introducción

Las regiones con climas tropicales y subtropicales están entre las de mayor riqueza vegetal del planeta. Eso explicaría el gran número de frutas originarias de esas zonas, muchas de ellas desconocidas en los mercados internacionales porque la mayoría se destina al consumo local, del que, en ocasiones, constituyen uno de los alimentos básicos de la dieta, especialmente en países en vías de desarrollo. Entre los frutales tropicales y subtropicales encontramos especies leñosas longevas como el aguacate o el mango, especies herbáceas de corta vida como la platanera o la papaya, enredaderas como la maracuyá, e, incluso, cactáceas como la pitahaya. Esta diversidad de hábitos y necesidades edafoclimáticas refleja la heterogeneidad que se da en las formas que adoptan y en los ambientes de los que proceden. Una característica común a todas estas especies es su escasa tolerancia a bajas temperaturas y, especialmente, a las heladas, lo que limita su expansión en latitudes superiores a los 35 grados, donde sólo pueden cultivarse en zonas muy puntuales que presentan inviernos suaves y veranos no excesivamente cálidos, como la costa mediterránea andaluza, principal centro productor de estas frutas en Europa continental. En España, que cuenta, además, con la producción de Canarias, con un clima más propicio que el peninsular para la mayor parte de estas especies, los principales cultivos tropicales son el aguacate, el mango, el chirimoyo y la platanera (cuya producción es 100% canaria), y, en menor medida, otras especies como la papaya, la piña tropical, el litchi, el longan, la maracuyá, la carambola, la pitahaya o la lúcuma. En esas zonas de producción, el sector de las frutas (sub)tropicales se ha convertido en uno de pilares fundamentales de la economía local, tanto en términos de ingresos como de empleo, y en una nueva atracción para el turismo. Aunque algunas especies de la familia de los cítricos son de origen tropical o subtropical, generalmente se considera la citricultura como una disciplina aparte y, por ello, no se contemplan dichas especies en este capítulo.

Ninguna de esas frutas tropicales es originaria de España y ninguna de ellas se encontraba presente en nuestro país antes del siglo XV, en el que se inicia la era de los grandes viajes de exploración impulsados desde la Península Ibérica, que culmina con hitos como el descubrimiento de América o la primera vuelta al mundo de Magallanes-Elcano, que espolearon el intercambio de cultivos entre continentes. Las islas Canarias, debido a su situación como puerto de conexión en la ruta hacia y desde América, han desempeñado un papel fundamental no solo en la introducción de frutales tropicales en España sino también en su dispersión a otros continentes. La platanera llegó a Canarias desde África en el siglo XIV y desde Gran Canaria se introdujo en la actual República Dominicana en 1516. La papaya llegó a Canarias en el siglo XVI. En el caso del aguacate, la primera vez que se menciona en España es en 1653 en el embrión del Jardín Botánico de Valencia en el que Juan Plaza, médico valenciano, fundó un huerto de plantas medicinales y mostró un aguacate en plena floración al botánico flamenco Charles de l'Ecluse (Clusius), que lo describió en su obra *Rariorum aliquot stirpium per Hispanias observatarum historia* en 1576. Lo llamó perseá por su parecido a un árbol tradicional de Egipto con ese nombre y de ahí procede el origen del nombre del género científico (*Persea*). El chirimoyo no se cita en la obra de Charles de l'Ecluse, pero sí en la lista de novedades procedentes de América que le ofreció a Charles de l'Ecluse el médico sevillano Juan de Castañeda a principios del siglo XVII, aunque algunas fuentes sugieren que la entrada del chirimoyo en la Península pudo producirse durante el siglo XVI a través de Valencia y Murcia. Hay también constancia de la introducción del mango a través del Jardín Botánico de La Orotava en el año 1788.

El comercio mundial de frutos tropicales ha crecido exponencialmente en los últimos años y Europa no es una excepción, con un aumento espectacular en la importación de estas frutas desde distintas áreas geográficas repartidas por varios continentes. No obstante, la creciente preocupación en los principales países desarrollados por la huella de carbono causada por el transporte de alimentos desde sus zonas de producción hasta las de consumo, junto con una mayor inclinación hacia un consumo de proximidad y la crisis de otros sectores agrícolas, hace que haya aumentado el interés por cultivar frutales (sub)tropicales en el sur de Europa continental y distintas islas del Mediterráneo, caso de las Baleares, Sicilia o Creta. A esto se debe añadir la posibilidad de cultivar estas especies en nuestras condiciones de una manera respetuosa con el medio ambiente debido al bajo número de plagas y enfermedades que sufren en zonas alejadas de su centro de origen, lo que las convierte en buenas candidatas para una producción ecológica.

2. Aguacate

España, con unas 15.500 ha (aproximadamente 13.000 ha en Andalucía, unas 2.000 en la Comunidad Valenciana y 1.500 en Canarias), produce alrededor de 55.000 t anuales de esta fruta, lo que supone menos del 10% de los aguacates consumidos anualmente en Europa. Más del 80% de la producción española se exporta a otros países europeos, donde los aguacates españoles son muy apreciados por la corta distancia a los mercados, la excelente calidad de la fruta y el escaso uso de pesticidas por la baja presión de plagas. Las perspectivas futuras de mercado son buenas ya que el consumo per cápita de aguacates es todavía reducido, no solamente en España, sino en casi toda Europa, comparado con otros países como EE.UU., Israel, México o Chile.

En el aguacate, una especie de la familia de las Lauráceas originaria de América Central, se distinguen tres razas o subespecies (mexicana, guatemalteca y antillana) cuyas diferencias radican fundamentalmente en las preferencias ecológicas para su óptimo crecimiento y en características de fruto. Las razas mexicana y guatemalteca están adaptadas a climas menos cálidos que la raza antillana, que es propia de climas tropicales. La mayoría de los cultivares comerciales de aguacate son híbridos interraciales y los más cultivados en climas mediterráneos y subtropicales, como es el caso de la Península Ibérica, como 'Hass', 'Lamb Hass', 'Maluma', 'Bacon', 'Reed', 'Zutano' o 'Fuerte', son predominantemente híbridos guatemaltecos x mexicanos.

Las variedades de aguacate también se pueden clasificar en función de otros caracteres. Uno de ellos es el color de la piel del fruto maduro, que puede ser verde o negra, lo que, sobre todo, es importante a nivel comercial. Otro carácter de clasificación es el ciclo floral. El aguacate tiene flores hermafroditas, con órganos femeninos y masculinos, pero, debido a la dicogamia protogínica característica de la especie, cada flor de aguacate se abre dos veces; la primera vez, la flor es funcionalmente femenina; después se cierra y vuelve a abrirse al día siguiente como flor funcionalmente masculina teniendo lugar la dehiscencia de las anteras y la liberación de polen. En base a su comportamiento floral, los cultivares de aguacate se clasifican en dos grupos (A y B) cuyas flores se suelen comportar de forma complementaria y, por tanto, es frecuente que se aconseje que a la variedad principal se asocie una o varias del otro grupo floral para

facilitar la polinización cruzada. En los cultivares de tipo A ('Hass', 'Reed', 'Maluma', 'Lamb Hass'), la flor abre en estado femenino por la mañana, se cierra por la tarde y abre de nuevo en estado masculino la tarde del día siguiente, mientras que en los cultivares de tipo B ('Bacon', 'Fuerte', 'Zutano', 'Edranol', 'Ettinger') la flor abre en estado femenino por la tarde, se cierra, y vuelve a abrirse en estado masculino la mañana del día siguiente.

La franja costera del sur de la Península Ibérica y, en los últimos años, de la Comunidad Valenciana y el Algarve portugués son un caso singular en el cultivo del aguacate, puesto que es la única región de Europa continental con una producción comercial significativa de esta fruta. El aguacate es un producto con una popularidad creciente a nivel mundial que hace que sea un cultivo rentable y que numerosos países en América Central y del Sur y en África estén aumentando su producción fundamentalmente para la exportación a EE.UU., Europa y países asiáticos. Eso ha propiciado un importante crecimiento del comercio internacional de aguacate, cuya singularidad es que está basado prácticamente en una única variedad, 'Hass'. Algunas de las razones que justifican este dominio de 'Hass' serían su gran plasticidad ambiental, que permite su cultivo en un amplio abanico de climas, su prolongado periodo de cosecha (hasta casi 6 meses en España), lo que proporciona una gran flexibilidad al agricultor y al conjunto de la cadena de distribución, su larga vida poscosecha y facilidad de transporte, que permite abastecer los mercados a lo largo de todo el año con aguacate de distintos continentes, o su buena aceptación por los consumidores.

La variedad 'Hass' se originó por azar hace unos 100 años en un huerto de Rudolf Hass en Pasadena (California) a partir de un árbol cuyo injerto no prosperó y se produjo un rebrote del portainjerto de semilla. Aunque Rudolph Hass estuvo tentado de eliminar el nuevo árbol debido al color negro de la piel, lo que era muy diferente de la variedad más cultivada en California en aquella época, 'Fuerte', que produce frutos de piel lisa y color verde al madurar, una vez probada la fruta decidió patentar la nueva variedad con su nombre en 1935. La introducción de la nueva variedad 'Hass' en el mercado fue lenta puesto que su aceptación implicaba cambiar la concepción hasta aquel momento del fruto del aguacate, basado en la variedad 'Fuerte'. Gracias a una fuerte campaña de marketing y a las ventajas que tiene 'Hass' finalmente se consiguió cambiar la percepción del aguacate de un fruto de color verde y de piel lisa a un fruto de color negro y de piel rugosa pero no fue hasta 1972 cuando la producción total de 'Hass' en California superó a la de la hasta entonces variedad de referencia, 'Fuerte'. A partir de entonces, comenzó la conquista del mercado mundial del aguacate por parte de la variedad 'Hass'.

El uso de 'Hass' como variedad estándar ha sido clave en la expansión del consumo del aguacate a nivel mundial. Sin embargo, esta apuesta por parte de los productores, exportadores y comercializadores de aguacate por una sola variedad es un caso poco frecuente en cultivos frutales y puede presentar distintos problemas como la vulnerabilidad a plagas y enfermedades que afecten específicamente a esa variedad. Una consecuencia de esta apuesta es la existencia de un diferencial de precio, a veces muy marcado, entre 'Hass' y el resto de variedades, lo que desanima a los productores a diversificar sus plantaciones y resta valor a la fruta de las variedades de tipo floral B que se usan como polinizantes de 'Hass'. Además, este mercado dominado por una única variedad está llevando a los consumidores a asociar aguacate con 'Hass', cuando hay una diversidad enorme de formas, texturas y sabores dentro de la especie.

Esa diversidad actualmente no se está utilizando (salvo en la selección de nuevos portainjertos) y los consumidores de aguacate se ven forzados a consumir un único producto.

Esa diversidad que presenta el aguacate hace que en la Península Ibérica podamos producir aguacate durante todo el año con una combinación óptima de una serie de variedades. Por ejemplo, con únicamente cinco variedades ya disponibles en el mercado: 'Bacon', 'Fuerte', 'Hass', 'Lamb Hass' y 'Reed'. Sin embargo, actualmente los productores españoles producen 'Hass' durante unos pocos meses, y cada vez durante menos meses debido a la incorporación de nuevas zonas productoras en otros países (como México, Chile, Perú, Colombia, Kenia o Marruecos) que solapan su campaña de 'Hass' con la española. El resto del año las empresas comercializadoras, para garantizar una continuidad de suministro a sus clientes, importan 'Hass' de países terceros para el consumo nacional y para la reexportación al resto del mercado europeo. Esta estrategia aumenta el riesgo de entrada junto con los frutos de plagas y enfermedades presentes en otros países y de las que, por suerte, estamos todavía libres en España lo que nos permite una producción extremadamente respetuosa con el medio ambiente. Además, supone un obstáculo para el desarrollo de una denominación de origen o marca de país que distinga claramente el aguacate producido en Europa del que llega de otros orígenes. Esto puede convertirse en un problema para los productores españoles ya que, teniendo en cuenta que la producción combinada de España y Portugal no llega al 10% del consumo de aguacate en Europa, se está desaprovechando la posibilidad de comercializar a mejores precios un aguacate producido localmente en Europa con una mínima huella de carbono por transporte comparado con otros países y con una mínima o nula aplicación de productos fitosanitarios. En este sentido, sería deseable un mayor esfuerzo de promoción para concienciar al consumidor europeo de las ventajas del aguacate español como un producto sostenible, de calidad y proximidad frente al importado de otros países, que, en muchos casos, llega a Europa en barco tras 3-4 semanas de viaje.

Esta diferenciación del aguacate español en el mercado europeo puede ser más fácil si se aumenta la superficie de otras variedades distintas a 'Hass'. De hecho, nuestra proximidad a los lugares de consumo permitiría incorporar a la oferta española de aguacate variedades de alta calidad, aunque tengan una vida poscosecha más corta que 'Hass' pero suficiente para llegar con fruta en buen estado al mercado europeo. Una situación similar se está viviendo en California, ya que la cuota de mercado de los productores californianos no deja de disminuir en EE.UU. debido a la importación de 'Hass' de diferentes países americanos y hay cada vez más voces que defienden aumentar la superficie de otras variedades diferentes a 'Hass', que permitan diferenciar claramente el producto californiano. El programa de mejora de aguacate de la Universidad de California va en esa línea de diversificación para una producción californiana de aguacate durante todo el año.

En el Instituto de Fruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora (IHSM la Mayora), disponemos de una colección única en Europa con más de 100 accesiones de aguacate (entre variedades y portainjertos). Todas ellas están siendo analizadas para evaluar su comportamiento en las condiciones de cultivo de Málaga y, además, están perfectamente caracterizadas a nivel de ADN, lo que permite la identificación de cualquier muestra de aguacate. Dentro de ese grupo de variedades se incluyen algunas similares a 'Hass', como 'Carmen' o 'Maluma', que han generado mucho interés recientemente por su buen comportamiento en otros países, pero que

deben ensayarse en nuestras condiciones antes de su recomendación al sector productor. Además, nuestro grupo de investigación está evaluando nuevos materiales obtenidos por cruzamientos dirigidos con el objetivo, entre otros, de identificar individuos con fruta de alta calidad en septiembre-octubre, periodo en el que apenas hay oferta de aguacate español de calidad. El objetivo final es optimizar la producción española de aguacate mediante una utilización apropiada de la diversidad genética existente en esta especie.

3. Mango

El mango es posiblemente la gran novedad en la fruticultura tropical en España. Perteneciente a la familia de las Anacardiáceas, al igual que el pistachero, y originario de la India y el Sudeste Asiático, donde, además de reina de las frutas, se considera un símbolo religioso y cultural, su introducción en Canarias se remonta a finales del siglo XVIII. La expansión del cultivo comercial en la costa mediterránea andaluza despegó a finales del siglo XX, pasando de unos pocos cientos de hectáreas a finales de la década de los 1980 a más de 5.000 ha en la actualidad. De hecho, Andalucía (principalmente en las costas de Málaga y Granada) es la única región de la Europa continental y la región más alejada del ecuador en todo el mundo donde se produce mango de forma comercial, lo que da una idea del valor estratégico de este cultivo para la agricultura andaluza. La producción de mango andaluz se sitúa en torno a 20.000 t, pero se halla en claro aumento, ya que muchas de las plantaciones nuevas están, aún, en fase juvenil. La producción en la península está basada en los cultivares 'Osteen' (75%), 'Keitt' (15%) y 'Kent' (5%), todos procedentes de un programa de selección desarrollado a principios del siglo XX en Florida, y se extiende entre agosto y finales de noviembre con un pico productivo (75%) entre mediados de septiembre y mediados de octubre. 'Osteen' es una variedad característica de España, que ha ayudado a diferenciar y apreciar nuestras producciones en los mercados europeos. Aspectos como su rusticidad, su buen nivel productivo, su buena tolerancia a las principales enfermedades del mango en España, el atractivo color de sus frutos o su recolección en estado verde claro, cuando aún el fruto está duro, estarían detrás de su éxito. No obstante, su predominio tan abrumador en la producción de mango español supone una excesiva concentración de la oferta en muy pocas semanas, lo que repercute frecuentemente en los precios de venta. Por ello, uno de los objetivos de nuestro grupo de investigación es impulsar la diversificación de las variedades cultivadas y el desarrollo del cultivo en invernadero para ampliar la época de recolección. Para ello, el IHSM la Mayora cuenta con un banco de germoplasma con más de 70 accesiones procedentes de distintos países, que se están caracterizando y evaluando a nivel productivo para identificar variedades de calidad con las que extender el periodo de producción de mango español. Entre las variedades de interés, destacan, por su alta calidad, 'Irwin' y 'Maya' en el grupo de variedades de recolección temprana, 'Ataulfo' dentro de las variedades de media estación, y 'Sensation' entre las tardías. Con los resultados disponibles se puede afirmar que es posible producir mango español de calidad en plantaciones al aire libre desde finales de agosto a principios de diciembre combinando variedades con diferentes fechas de recolección.

Este espectacular crecimiento del cultivo del mango en España ha sido posible merced a la puesta a punto a través de la investigación de técnicas desarrolladas para el control de la floración, haciéndola coincidir con la época de mejores temperaturas para el cuajado, para lo

que se aprovecha la tendencia de la planta a producir brotes florales por debajo de unas determinadas temperaturas. Los esfuerzos de investigación también han contribuido de forma notable a reducir el problema de la descomposición interna (pulpa gelatinosa) mediante un manejo adecuado de la nutrición y al control de los principales problemas fitosanitarios de este cultivo en climas mediterráneos, caso del oídio, la necrosis apical de origen bacteriano y la malformación. Una plaga de reciente introducción es la cochinilla de la nieve (*Aulacaspis tubercularis*), que causa daños estéticos en la piel de los frutos y frente a la que se están estableciendo estrategias de control biológico.

4. Chirimoya

La chirimoya, un fruto muy apreciado tanto por los primeros cronistas españoles en América, como José de Acosta o Bernabé Cobo, como por otros personajes diversos, desde Mark Twain, que la describió como la fruta más deliciosa conocida por el hombre, a Charles Darwin, que la comparó con la belleza de las mujeres limeñas, es una especie de la familia de las Anonáceas originaria, según estudios recientes de nuestro grupo de investigación, de Mesoamérica. Desde Mesoamérica en épocas precolombinas, habría sido transportada, probablemente por vía marítima, a la zona andina, en la que, no sólo hay una larga tradición de cultivo y consumo de chirimoya, sino que ésta forma parte del acervo cultural, al menos en países como Perú, Bolivia o Ecuador. España, con unas 3.000 ha, es el primer productor mundial a nivel comercial de chirimoyas y prácticamente el único, junto a Chile, que realiza investigación sobre este cultivo. Las plantaciones se encuentran localizadas fundamentalmente en la costa de Granada, aunque también hay cierta producción en las costas de Málaga y Almería, mientras que en Canarias apenas existen algunas pequeñas parcelas testimoniales para consumo local. La casi totalidad de la producción anual de chirimoya, en torno a 50,000 t, se consume en el mercado español, aunque con una oferta muy concentrada en determinadas zonas, mayoritariamente urbanas. Los principales cultivares son 'Fino de Jete', que constituye el 95% de la producción, y 'Campas', ambos de origen local. Como en el caso del aguacate, en las últimas décadas se ha realizado un gran esfuerzo de cara a la optimización de las técnicas de cultivo, particularmente en cuanto a las prácticas de poda, que permiten prolongar la estación de recolección (inicialmente concentrada entre los meses de septiembre y diciembre) hasta abril, por lo que se ha conseguido disponer de fruta de chirimoya en el mercado durante unos 8 meses (desde septiembre a abril). Se han logrado también avances notables en lo referente a la biología floral, que presenta, como el aguacate, dicogamia protogínica. Aunque la polinización manual continúa siendo una práctica necesaria por parte de los agricultores para optimizar los rendimientos, lo que supone un importante esfuerzo en mano de obra durante la floración, trabajos recientes indican que mediante un manejo adecuado de la flora arvense y de la poda se pueden conseguir rendimientos interesantes mediante polinización natural, que se realiza fundamentalmente por pequeños escarabajos de la familia de los Nitidúlidos. Los recientes avances de investigación incluyen el desarrollo de marcadores moleculares tanto para caracterización de cultivares como para ayudar en el proceso de desarrollo de nuevas variedades. En el Instituto de Fruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora (IHSM La Mayora), disponemos de una colección con más de 300 accesiones que constituye la mayor colección mundial de esta especie y que cuenta también con accesiones de otras especies de la familia de las Anonáceas. Los trabajos de mejora

de esta especie se orientan a la obtención de nuevos cultivares que permitan diversificar la oferta productiva y reducir la dependencia de un solo cultivar. Como resultado de esos trabajos, recientemente se ha comenzado a comercializar una nueva variedad, 'Alborán', que ya cuenta con el registro, como variedad protegida, de la Oficina Europea de Variedades Vegetales, que produce una fruta de excelente calidad en los meses de invierno y primavera y presenta menor índice de semillas y mayor vida poscosecha que 'Fino de Jete'. Esto abre una oportunidad a la expansión de la exportación de la chirimoya a los mercados europeos, muy limitada hasta ahora por esta corta vida poscosecha de la fruta y por el escaso conocimiento que hay de ella entre los consumidores europeos, lo que podría superarse con campañas de promoción como las que se han hecho con otras especies tropicales. A esta difusión fuera de los mercados tradicionales pueden ayudar aspectos como sus propiedades nutricionales, entre las que destaca la presencia de acetogeninas (compuestos con actividad anti-tumoral en ensayos en laboratorio), la obtención de variedades sin semillas, o las buenas condiciones sanitarias del chirimoyo en España, donde sólo hay una plaga importante, la mosca de la fruta, para la que hay medidas de control, como el trampeo masivo, que evitan el uso de plaguicidas.

5. Papaya

La papaya es un frutal herbáceo de la familia de las Caricáceas originaria de zonas tropicales de América Central. El mayor impulso al cultivo de la papaya en nuestro país ha tenido lugar en Canarias, única zona de España con una producción significativa con unas 350 has en producción que dan lugar a unas 15.000 t anuales. La mayor parte de la superficie cultivada se encuentra en ambiente protegido, condición prácticamente indispensable para que las papayas puedan producir adecuadamente, minimizando los efectos adversos ocasionados por el viento y las temperaturas extremas y preservando el cultivo de las infecciones ocasionadas por el virus de la Mancha Anular de la Papaya (PRSV). Recientemente, el interés por este cultivo también se ha extendido por la costa mediterránea andaluza a pesar de que las condiciones en la península no son óptimas para este cultivo, entre otras razones, por el elevado número de horas en invierno con temperaturas inferiores a 10° C, lo que repercute en una alta frecuencia de anomalías florales y en una baja calidad de la fruta durante varios meses al año.

Aunque todavía las variedades tradicionales tienen una importante presencia, hay una tendencia creciente al uso de cultivares híbridos, en busca de plantas vigorosas, de alta capacidad productiva y con frutos de larga vida poscosecha, procedentes fundamentalmente de empresas ubicadas en países americanos (México, Brasil o Costa Rica) y asiáticos (Tailandia, Taiwán o Malasia). La mayor parte de estos cultivares ha sido seleccionada en ambientes tropicales y su comportamiento presenta algunos problemas de adaptación tanto en Canarias como en la Península, por lo que, el primer paso para el desarrollo adecuado de este cultivo en nuestro país sería la selección de material vegetal mejor adaptado a nuestras condiciones climáticas. Este es uno de los objetivos del trabajo con papaya que se viene realizando en el IHSM La Mayora, donde se están evaluando materiales procedentes de distintos orígenes y realizando cruzamientos entre los más sobresalientes. Unido a este trabajo de selección de material vegetal, estaría el desarrollo de técnicas de propagación vegetativa que permitan su reproducción comercial a gran escala y la utilización de herramientas moleculares para identificación de genotipos interesantes, algo que ya se viene haciendo en vivero para

diferenciar plantas hermafroditas de plantas femeninas. Los trabajos actuales de investigación en España también se centran en optimizar el manejo de las plantaciones. Por un lado, mediante el establecimiento de fechas de plantación que permitan mejorar el calendario de recolección, tratando de maximizar el periodo de cosecha con frutos de alto contenido en grados Brix y de minimizar los efectos negativos de las temperaturas extremas tanto en anomalías florales como en la calidad del fruto. Por otro lado, se deben ajustar los marcos de plantación y distintas prácticas habituales en este cultivo, como el deshojado, el aclareo de flores y frutos o la fertirrigación, para evitar un sombreado excesivo entre plantas, controlar excesos de vigor, no provocar encharcamientos de suelo, optimizar el número de frutos comerciales por nudo y facilitar el viraje de color del fruto. Otro aspecto clave en el cultivo de papaya en condiciones subtropicales es la optimización del control ambiental, que sólo puede tecnificarse en producción protegida, aprovechando, como en el caso del mango, estructuras ya construidas para otros fines, o ensayando nuevos modelos de estructuras y cubiertas. En estructuras tradicionales pueden resultar muy útiles medidas sencillas como la retirada de la cubierta del invernadero durante los meses de calor, la limpieza de esta cubierta en épocas de baja iluminación, especialmente en zonas con abundante polvo en suspensión que reciban poca lluvia, la optimización de la ventilación o la construcción de pequeñas balsas de agua en los pasillos del cultivo. Todas estas mejoras en las estructuras y en el manejo de las condiciones ambientales ambiental también favorecen el control de las principales plagas y enfermedades de la papaya en España, ácaros, oidio y hongos poscosecha.

6. Pitahaya o pitaya

La pitahaya, una cactácea trepadora epífita originaria de bosques tropicales secos de América, constituye la última gran incorporación al sector de fruta (sub)tropical española. Su buena acogida en los mercados, en gran medida asociada a su atractivo aspecto y su buena prensa como alimento beneficioso para la salud, junto a sus bajas necesidades de agua, ha despertado el interés de productores de distintas zonas de Canarias, Andalucía y Levante, y, dentro de la Península, ya se conocen plantaciones en provincias como Málaga, Granada, Huelva, Almería, Sevilla, Murcia o Valencia. Como en la papaya, la mayor parte de la información disponible sobre el cultivo en nuestras condiciones se ha generado en Canarias, fundamentalmente en el Cabildo de Tenerife.

La taxonomía de las pitayas es compleja y está en continua revisión. Por un lado, existe una tendencia a considerar bajo el nombre de pitaya a cactus del género *Stenocereus* originarios de los desiertos mexicanos y utilizar la denominación pitahaya para los cactus trepadores epifitos tropicales. Entre estos últimos se pueden considerar dos grandes géneros, *Hylocereus* y *Selenicereus*. Simplificando mucho, el primer género correspondería a las pitayas de piel roja o de tonalidades rojizas, cuya pulpa puede ser blanca o rojiza y suelen estar exentas de espinas, mientras que el segundo sería el de las pitayas de piel amarilla y pulpa blanca, que presentan espinas. Las pitayas rojas que llegan a los mercados europeos provienen mayoritariamente del Sudeste Asiático, donde se introdujeron en el siglo XIX y se han naturalizado, mientras que las amarillas se importan desde distintos países americanos, sobre todo, Colombia y Ecuador.

3. Cultivos

Al ser especies epifitas necesitan una estructura de soporte y, por la alta insolación que reciben las zonas donde se ha implantado el cultivo en nuestro país a diferencia de su crecimiento natural bajo el dosel de los bosques centroamericanos de donde son originarias, han de protegerse con cubiertas de sombreo. Sus flores, de gran tamaño y vistosidad, duran abiertas una noche y, en su lugar de origen, son polinizadas por murciélagos, colibríes, polillas y otros animales noctámbulos. En nuestras condiciones deben polinizarse manualmente entre el ocaso y las primeras horas de día, teniendo en cuenta que algunas variedades son autoincompatibles y otras, sin serlo, mejoran su producción con polinización cruzada.

7. Otros frutales (sub)tropicales

Hay otros cultivos frutales (sub)tropicales que se están comenzando a plantar a nivel comercial. De todos ellos se dispone de colecciones de referencia en le IHSM la Mayora y en el ICIA de Canarias. Un ejemplo es el **litchi**, sobre la que se han llevado a cabo trabajos de desarrollo de marcadores moleculares para la identificación varietal y selección de las variedades más adaptadas a nuestras condiciones. Existen pequeñas plantaciones comerciales en nuestro país e, incluso, se están exportando a otros países europeos en los últimos años pequeñas partidas de fruta que cuentan con una buena acogida, teniendo en cuenta no solo su calidad, sino también su época de producción, hacia finales de verano, cuando no existe prácticamente producción en otros países. Igualmente hay ya incipientes plantaciones comerciales de **longan**, un pariente cercano del litchi. Las investigaciones que actualmente se llevan a cabo en otros frutales tales como **guayabos, carambolas, fruta de la pasión, lúcuma** o diferentes especies de **zapotes** permitirán en un futuro próximo aumentar la diversidad de la oferta de frutales tropicales producidos en la Península Ibérica.

3.9. La uva sin pepita

Manuel Tornel Martínez

manuel.tornel@carm.es

Equipo de Mejora de Uva de Mesa, Dpto. de Biotecnología, Genómica y Mejora Vegetal del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA)

Índice

1. Introducción
2. IMIDA-ITUM: productores de uva de mesa cultivan sus propias variedades
3. Variedades obtenidas por ITUM-IMIDA

Resumen

Murcia es la región que produce y exporta más uva de mesa en España, consumiéndose en algún país de Europa gran parte de las 210.000 toneladas que se producen. Años atrás los productores de nuestra región cultivaban variedades autóctonas con semillas, luego el panorama varietal se transformó con las variedades apirenas extranjeras y desde 2013 cultivan uvas obtenidas en nuestro propio programa de mejora genética de la sociedad murciana de Investigación y Tecnología de Uva de Mesa (ITUM), en colaboración con el Instituto Murciano Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). En la actualidad, los productores socios disponen de dieciocho nuevas variedades, nueve blancas, siete rojas y dos negras, cultivadas en España en una superficie que supera las 1.250 ha, equivalente a más del 20% del terreno regional dedicado al cultivo de uva de mesa.

El desarrollo de las nuevas variedades inicialmente se produjo para fortalecer a los productores locales, pero ante el interés mostrado por productores del resto del mundo, se ha enviado material vegetal para su cultivo en Chile, Perú, Argentina, Brasil, Sudáfrica, Australia, México y recientemente a India, países en los que se produce a contra-estación para dar continuidad en los mercados internacionales a las variedades de uva de mesa murcianas. Las 18 nuevas variedades de uva de mesa apirenas obtenidas por IMIDA-ITUM se cultivan en los 5 continentes del mundo, concretamente en 10 países en los que actualmente hay más de 1.600 hectáreas en producción, cumpliendo los más altos estándares de calidad exigidos por los mercados internacionales, destacando por su textura crujiente.

1. Introducción

El consumo de uva de mesa se ha duplicado a nivel mundial en las dos décadas que llevamos del siglo XXI respecto al año 2000, de 15 millones de toneladas a más de 27 millones de toneladas (OIV, 2019), pasando a ser en países anglosajones la tercera fruta más consumida tras los plátanos y las manzanas (The Packer, 2022) principalmente como snack; otro factor es la

3. Cultivos

disponibilidad los 12 meses del año de uvas en los mercados internacionales, procedentes principalmente de Sudamérica, Sudáfrica, Europa, Asia y Australia.

Para alargar la campaña es necesario diversificar la oferta con nuevas variedades. Actualmente, la recolección en nuestro país comienza los primeros días de junio y se prolonga hasta diciembre, logrando de esta manera más de seis meses productivos.

Los principales atributos para los consumidores españoles de la uva ideal son buen sabor, piel fina, sin semillas, buen calibre y jugosidad (Piva *et al.*, 2006).

El sabor en uva de mesa está definido por el balance entre el contenido de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) y ácidos orgánicos (principalmente tartárico y málico) que posee la baya. En cuanto a sabores, el más tradicional es el moscatel fácilmente reconocible por los consumidores y muy apreciado, otro es el sabor neutro con mayor o menor acidez, el sabor foxé más apreciado por consumidores asiáticos y americanos, y como novedad se han incorporado nuevos sabores que nos recuerdan a caramelos o chuches provenientes de cruces de uvas labruscas con moscateles. Destacar que la uva de mesa no acumula azúcares una vez cosechada, por lo que no es posible mejorar este atributo en postcosecha.

La textura es otro carácter muy importante en las nuevas variedades, teniendo el crujiente o “crunchy” de bayas un efecto directo en la percepción de los consumidores.

Características como firmeza, crocancia, dureza, turgencia, consistencia, elasticidad, se ven afectados por el manejo agronómico y el ambiente, aunque existe una alta correlación con la variedad o genotipo.

En cuanto al color de las bayas, no es un factor determinante, siendo las más consumidas las uvas rojas y blancas casi por igual, quedando las uvas negras relegadas en torno al 10% del consumo; aunque las uvas negras contienen un 180% más de actividad antioxidante total (TAA), el contenido fenólico total (TPC) un 60% más alto y una concentración de antocianos (TAC) 40 veces mayor que las uvas blancas, mientras las uvas rojas presentan niveles intermedios (Hasanaliyeva *et al.*, 2020) (Figura 1).



Figura 1. Racimo uva Itumtwelve

En lo que respecta al sistema de conducción utilizado en uva de mesa es el parral ya que mantiene la vegetación en exposición horizontal y la fruta a una altura de difícil acceso a

depredadores, aunque existen otros sistemas como espalderas o el más novedoso open-gable en los que también se cultivan uvas sin semillas.

2. IMIDA-ITUM: productores de uva de mesa cultivan sus propias variedades

Durante muchos años y hasta mediados de la década de los 80 la estructura varietal permaneció prácticamente invariable, constituida en su mayoría por variedades tradicionales con semilla de época de maduración tardía como Napoleón, Dominga, Ohanes, Italia y Aledo, lo que provocó una excesiva concentración de la oferta en otoño, coincidiendo en esa época con la producción italiana de la variedad Italia, lo que ocasionó un estancamiento con bajadas de precios y de rentabilidad. Por otro lado, las ayudas al arranque y abandono del viñedo por parte de la Unión Europea, que incluían también la uva de mesa, favorecieron la desaparición de muchas plantaciones viejas o de baja rentabilidad para abandonar el cultivo o para la expansión de otros cultivos, como es el caso de los invernaderos en algunas zonas de Almería.

Sin embargo, hace 40 años irrumpieron con fuerza las nuevas variedades sin semillas o apirenas y de maduración precoz, que se ajustan a las exigencias de los consumidores europeos, consiguiendo mejores precios que con las variedades tradicionales. En algunas zonas como Murcia se produjo un ligero aumento en la superficie cultivada de uva de mesa, también debido a la introducción desde hace 20 años de variedades apirenas, pero de maduración media o tardía, que han desplazado a las variedades con semilla tradicionales. Actualmente más del 90% de la producción regional lo representan las uvas sin semillas (CARM, 2021) en la que se cultivan en torno a 6.700 ha del total de las 12.833 ha en producción en España (MAPA, 2021).

Las variedades de uva de mesa apirenas más antiguas, como Thompson Seedless o Flame Seedless, producen bayas pequeñas y racimos compactos por lo que requieren técnicas de cultivo especiales para aumentar el tamaño de la baya y disminuir la compacidad de los racimos. Entre ellas, aplicación de ácido giberélico en floración, poda de racimos, incisión anular o anillado, aplicación de ácido giberélico tras el cuajado. Estas técnicas exigen mucha mano de obra, dando resultados inciertos y variables según las condiciones climatológicas; por estos inconvenientes que presentaban las variedades apirenas tradicionales, **la aparición de variedades apirenas menos exigentes en éstas técnicas fue muy bien acogida por los agricultores, permitiendo su rápida difusión.**

La llegada a mitad de los 80 de la variedad apirena Sugaone, conocida como Superior Seedless, menos exigente en esas técnicas, hizo que su cultivo se extendiese rápidamente y en pocos años se plantaron unas 1.000 ha del total de unas 6.000 ha que se cultivaban en nuestra región. Por esos años también se introdujo otra variedad con semillas, Red Globe, muy productiva y con muy buen resultado comercial, cuyo cultivo también se expandió rápidamente. Sugaone era una variedad protegida, lo que finalmente ocasionó un litigio que acabó con un acuerdo por el que los productores pagaron royalty a la empresa que tenía los derechos de explotación.

Por el año 1988, comenzaron las plantaciones en España de otra variedad apirena, Crimson Seedless, obtenida en el programa del USDA de California, variedad libre por lo que no requería el pago de royalties. Su cultivo se expandió muy rápidamente, siendo en la actualidad la variedad apirena más cultivada a nivel mundial, así como el de otras dos variedades apirenas del mismo

programa, la variedad negra Autumn Royal y la variedad blanca Princess, esta última con restricciones. Ello ocasionó que por el año 2000 un 30% de la superficie de uva de mesa era de variedades apirenas. El USDA dejó de sacar variedades libres y no sólo las protege, sino que no permite su explotación en Europa.

El resto de los programas de obtención de variedades de uva de mesa de todo el mundo las protege y la mayoría de ellos sólo las ofrece en cada país a un reducido número de grandes productores; variedades obtenidas de programas de mejora como Sunworld, Volcani Center de Israel, I.F.G, SNFL, ARRA, etc. sólo las están cultivando unas pocas empresas en España. Existía una gran expectación en todo el sector productor de uva de mesa por ese tipo de variedades "club", y por intentar obtenerlas incluso pagando un royalty.

En general se puede afirmar que las variedades apirenas existentes en el mercado en la década de los 90 exigían técnicas de cultivo especiales para obtener uvas de calidad siendo de maduración precoz o de media estación. Por tanto, **era de gran interés para el sector de uva de mesa, la obtención de nuevas variedades apirenas menos exigentes en técnicas de cultivo y que les permitieran una ampliación de su calendario productivo.**

El programa de mejora genética que se inició en el IMIDA en 1990 intentaba responder a esta demanda, puesto que en nuestro programa se buscan ese tipo de variedades: apirenas, poco o nada exigentes en técnicas de cultivo y que amplíen el calendario de comercialización.

Los programas de mejora genética en cultivos leñosos son lentos. Para agilizarlo al máximo se puso a punto las técnicas de realización de cruzamientos, cultivo in vitro de esbozos y posterior rescate embrionario, aclimatación de plántulas, realización de semilleros, cultivo en campo, preselección en campo con cultivo intensivo y evaluación de híbridos. En los primeros cruzamientos se utilizó como parental materno las variedades autóctonas o de cultivo tradicional en nuestra región, que tienen semillas, y como parental paterno variedades apirenas.

El objetivo era obtener variedades que respondan a las siguientes características: **ausencia de semillas, textura crujiente, maduración temprana o tardía para ampliar calendario, poco exigentes en técnicas de cultivo, productivas y con buen tamaño de racimos y bayas, con buena calidad organoléptica, y resistentes a la manipulación y transporte.**

Con estos antecedentes, en 2002 se creó la empresa ITUM, S.L., Investigación y Tecnología en Uva de Mesa, constituida inicialmente por 18 empresas; en la actualidad son 24 empresas productoras de uva de mesa que agrupan más del 95 % de la producción de uva de mesa de la Región de Murcia.

ITUM e IMIDA comenzaron juntos un nuevo programa de mejora, siendo el principal objetivo el desarrollo de nuevas variedades con buena calidad para el consumidor, económicamente rentables para el productor y que satisfagan las necesidades del mercado.

Los nuevos híbridos obtenidos requieren un completo estudio sobre las técnicas más adecuadas a emplear en su cultivo, para obtener la máxima productividad y calidad, como pueden ser aplicación de reguladores de crecimiento, tipo de podas, incisión anular, cobertura con malla y/o plástico, etc.

3. Variedades obtenidas por ITUM-IMIDA

Resultado de esta colaboración son las 18 variedades registradas, que destacan por la textura crujiente que presentan sus bayas y su elevada productividad (Figura 2). Los productores socios de ITUM han plantado más de 1,250 ha en los 9 años que van desde que tienen a su disposición nuevas variedades registradas, que representan más del 20% de la superficie regional. Las seis primeras, de Itumone a Itumsix, Itumthirteen e Itumsixteen son uvas blancas apirenas, de textura crujiente, y diferentes fechas de recolección, entre mitad de julio y mitad de diciembre; las cuatro siguientes, de Itumseven a Itumten, Itumfourteen e Itumeighteen, presentan bayas rojas sin semillas, pulpa muy crujiente, sabores neutro ácido y maduración desde finales de julio a noviembre (Figura 3). Itumeleven es la única variedad registrada con semillas, pulpa crocante y color negro.; Itumtwelve es una uva apirena negra de sabor neutro ácido con bayas muy crujientes.



Figura 2. Variedades de uva de mesa obtenidas por ITUM-IMIDA





Figura 3. Racimo de uva Itumeighteen

Buscando ampliar los objetivos iniciales del programa, se añadió una nueva meta: incorporar la resistencia a enfermedades, concretamente a oídio y mildiu, principales problemas del cultivo en España y en otras zonas del planeta. “Itumfifteen” es nuestra primera variedad registrada que presenta tolerancia al oídio, bayas globosas de textura crujiente, agradable sabor moscatel y color rojo natural, características que junto a la fecha de producción similar a Flame la convierten en una variedad muy demandada por nuestros socios (Figura 4). Recientemente se incorporó al catálogo de variedades “Itumseventeen”, uva blanca crujiente de recolección temprana y ligero sabor moscatel, que también incorpora genes de resistencia a enfermedades.



Figura 4. Racimo de uva Itumfifteen

El desarrollo de las nuevas variedades inicialmente se produjo para fortalecer a los productores locales, pero ante el interés mostrado por productores del resto del mundo, se ha enviado material vegetal para su cultivo en Chile, Perú, Argentina, Brasil, Sudáfrica, Australia y recientemente México, países en los que se produce a contra-estación para dar continuidad en los mercados internacionales a las uvas ITUM-IMIDA durante todo el año. Fruto de este desarrollo internacional, junto con las plantaciones nacionales nos sitúan a nivel mundial entre los cinco programas de mejora de uva de mesa con mayor presencia en los mercados (Figura 5).

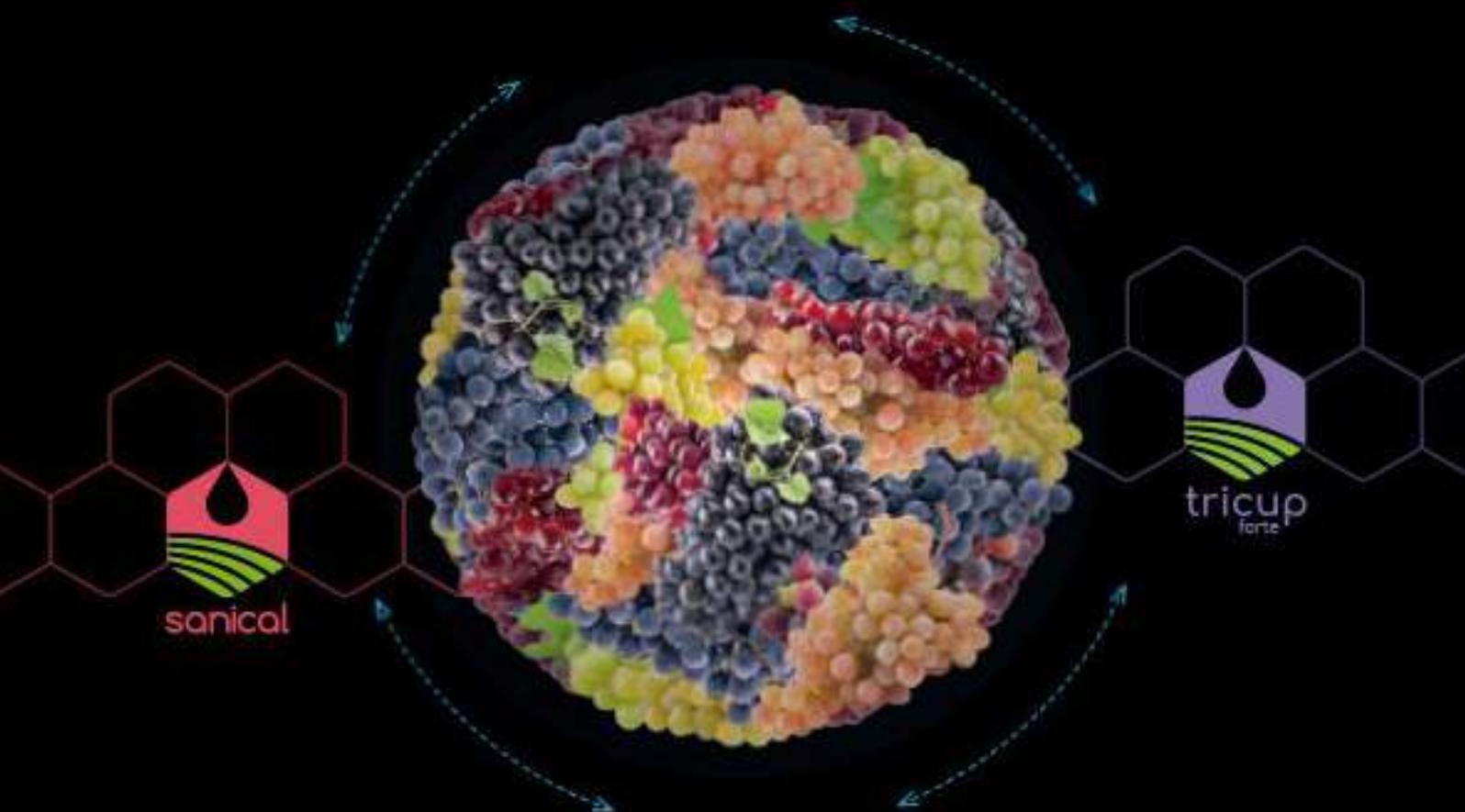


Figura 5. Países donde se cultivan uvas ITUM-IMIDA

Como novedades, además de la resistencia a enfermedades, sabores exóticos y adaptación a estreses bióticos y abióticos, destacar que **estamos desarrollando nuevas variedades con mayor contenido en antioxidantes y compuestos bioactivos, que ofrezcan mayores beneficios para la salud de los consumidores.**

Bibliografía

- CARM (2020), Estadística Agraria Regional, Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente - Región de Murcia
- Hasanaliyeva, G.; Chatzidimitrou, E.; Wang, J.; Baranski, M.; Volakakis, N.; Seal, C.; Rosa, E.A.S.; Iversen, P.O.; Vigar, V.; Barkla, B.; Leifert, C.; Rempelos, L. (2020) Effects of production region, production systems and grape type/variety on nutritional quality parameters of table grapes; results from a UK retail survey, *Foods*. 9. <https://doi.org/10.3390/foods9121874>
- MAPA (2021) Estadística Agraria de España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
- OIV (2019) Statistical Report on World Vitiviniculture, 2019 Stat. Rep. World Vitiviniculture. (2019) 23. <http://www.oiv.int/public/medias/5029/world-vitiviniculture-situation-2016.pdf>
- Piva, C.R.; Lopez Garcia, J.L; Morgan, W. (2006). The ideal table grapes for the Spanish market, *Rev. Bras. Frutic.* 28: 258–261. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200023>
- The Packer (2022), Magazine Fresh Trends 2022 <https://www.thepacker.com/magazines/2022-fresh-trends-magazine>



*Somos
Excelencia*

www.hefona.es

3.10. Evolución del cultivo de la vid de vinificación en España en los últimos cincuenta años

Enrique García-Escudero Domínguez y José M. Martínez Zapater*

* zapater@icvv.es

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, UR, Gobierno de La Rioja)

Índice

1. Viticultura tradicional en los años setenta
 - 1.1. Superficie, localización y producción
 - 1.2. Manejo del viñedo
 - 1.3. Recursos genéticos
 - 1.4. El sector vitivinícola
2. Intensificación de la viticultura en los años ochenta y noventa
 - 2.1. Superficie, localización y producción
 - 2.2. Manejo del viñedo
 - 2.3. Recursos genéticos
 - 2.4. El sector vitivinícola
3. Hacia una viticultura sostenible en el siglo XXI
 - 3.1. Superficie, localización y producción
 - 3.2. Manejo del viñedo
 - 3.3. Material vegetal
 - 3.4. El sector vitivinícola
4. Consideraciones finales

Resumen

La transformación del cultivo de la vid para vinificación en los últimos cincuenta años, y a la que nos referimos en este capítulo, en cierto modo podría resumirse como una concatenación en el tiempo de palabras claves, tales como: producción, calidad, medio ambiente, cambio climático y sostenibilidad que, representan una sucesión de escenarios que en gran medida han determinado los cambios operados a lo largo de este periodo en lo que a concepto del cultivo de la vid se refiere, y que han supuesto una auténtica revolución basada en la tecnología, la creciente preocupación medioambiental y las demandas de un mercado cada día más comprometido, exigente y conocedor del vino que consume. Un camino recorrido en el que se ha compatibilizado el desarrollo tecnológico, frente a una falta de profesionalización del sector en los primeros momentos, y la necesidad de mantener y mejorar los criterios de calidad intrínseca y extrínseca de la uva, es decir, la calidad asociada a cuestiones más allá de los atributos habitualmente considerados de su nivel de maduración y de su estado sanitario, y que

actualmente se identifican con el respeto al medio ambiente, la seguridad, la salud o con la tipicidad de los vinos, entre otros. Por otro lado, resulta importante considerar cómo la evolución del cultivo de la vid ha venido marcada por una normativa muy restrictiva, que en ocasiones se ha convertido en un factor limitante para su desarrollo. En la actualidad, la presión reglamentaria persiste muy ligada a las exigencias de calidad, que sin duda alguna han aumentado a lo largo de estas décadas.

A lo largo de este capítulo, consideraremos tres etapas que han venido marcadas por cambios sustanciales en lo que a la concepción de la viticultura se refiere. De esta manera, nos referiremos a una viticultura tradicional, como la que existía en la España de los años setenta, y que será el punto de partida de esta transformación; posteriormente, hablaremos de una viticultura intensiva o productiva, en la que el objetivo primordial pasaba por la mejora de la producción y por la disminución de los costes de cultivo; para finalmente, centrar nuestra atención en el modelo de viticultura de calidad y de sostenibilidad que vivimos actualmente. Aun así, merece la pena mencionar que, aunque esta evolución es patente a nivel general, las dos últimas etapas todavía coexisten en prácticamente todas las zonas vitivinícolas.

1. Viticultura tradicional en los años setenta

Si tomamos como punto de partida la década de los años setenta del siglo pasado, nos encontramos con un cultivo de viñedo “cuasi marginal” (Figura 1), herencia de un elevado nivel de tradición, con aspectos culturales y ambientales que limitaban, en gran parte de su superficie, la consideración de un cultivo rentable, si bien cumplía en muchas regiones un cometido social de supervivencia y de fijación de la población rural. Esta situación se prolonga en parte a lo largo de los años ochenta. Baste como referencia las palabras de Luis Hidalgo, en sus clases de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de Universidad Politécnica de Madrid en el ochenta, que venían a respaldar la precariedad del cultivo: ... la vid era cultivada, generalmente, en parcelas en las que el rendimiento de trigo no llegaba a los 1.500 kg/ha. No obstante, el viñedo constituía una alternativa a otros cultivos que, en tales condiciones, no resultaban económicamente satisfactorios. En su Tratado de Viticultura, Hidalgo (1993) proporciona una radiografía de este viñedo, que refleja de forma adecuada la realidad vitícola de aquellos años y que considerando también las aportaciones de Sotés (2004), nos permite establecer a continuación un mapa vitícola con las principales características del viñedo en este periodo.



Figura 1. Viñedo tradicional, de carácter marginal y en secano

1.1. Superficie, localización y producción

En 1970, el cultivo de la vid, fundamentalmente dedicado a la elaboración de vino, se extendía por todo el territorio nacional, con una elevada concentración en el centro de la península (Madrid y Castilla-La Mancha) y con una superficie cultivada total de 1.535.100 ha (Figura 2), tan solo superada por la dedicada al cultivo del cereal y del olivo. La mayor parte del viñedo se presentaba como cultivo único, si bien no dejaba de resultar frecuente su asociación a olivos, almendros, higueras o algarrobos, en zonas de secano. El carácter marginal del cultivo de la vid se debía en gran parte a su localización. El entorno más frecuente para instalar los viñedos lo constituían zonas de suelos pobres, con escasa fertilidad natural y de bajos niveles de materia orgánica; suelos arenosos, cascajosos y pedregosos, frecuentemente de poca profundidad y en pendiente, y por tanto con deficiente capacidad de acumulación de agua. Esta localización, unida a condiciones climáticas limitantes (temperaturas y nivel de radiación altos y evapotranspiraciones elevadas, junto a higrometrías bajas y escasez y mala distribución de precipitaciones), condicionaban de manera determinante su desarrollo vegetativo y su producción. Por otra parte, la edad media del viñedo se estimaba en treinta y un años, que en aquellas fechas era considerada como avanzada.

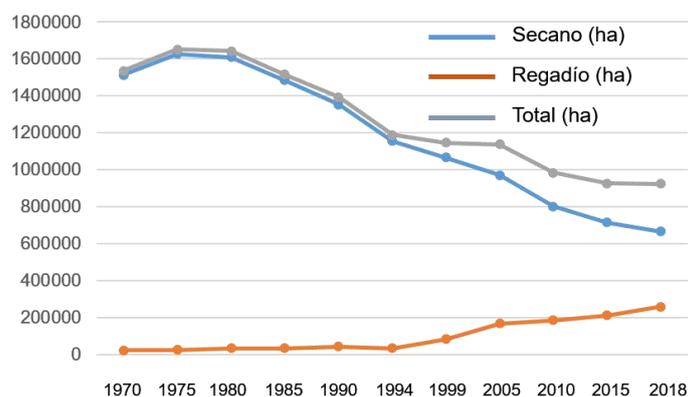


Figura 2. Evolución de la superficie de viñedo de transformación en secano y regadío. Elaboración propia a partir de datos del anuario estadístico del MAPA

El viñedo era un cultivo de secano en más del 95% de la superficie vitícola (Figura 2). En concreto, la legislación vigente en aquellas fechas (Ley 25/1970, de 2 de diciembre, conocida como Estatuto de la Viña, el Vino y los Alcoholes) prohibía taxativamente la utilización del riego en viñedos de transformación, con la única excepción de riegos de apoyo durante la parada vegetativa de la vid (después de la vendimia y antes del “lloro”), siempre y cuando coincidiera con condiciones climáticas austeras, es decir, en zonas en las que la precipitación anual no alcanzaba los 400mm. A nivel normativo, la viticultura española se enmarcaba en un bloque de países europeos, con una larga tradición vitícola, preocupados por el exceso de producción de vinos corrientes y deseosos de afirmarse en la calidad y la tipicidad de sus vinos. Además, dos circunstancias prevalecían a la hora de limitar la utilización del riego en el cultivo de la vid, una técnica que suele implicar un incremento de la producción. Por un lado, su uso podía generar excedentes o bien sobrepasar las limitaciones legales de producción en regiones productoras de vino de calidad; por otra parte, se comprometía el “dogma vitícola” sobre el antagonismo entre rendimiento y calidad, consideración que actualmente sigue en debate. Con esta legislación se acometió en su momento la negociación y la adhesión de España a la CEE, que de algún modo dejaba a la viticultura española en una situación de inferioridad respecto al potencial de una

parte importante de los países vitícolas comunitarios, los cuales contaban con mejores condiciones de disponibilidad hídrica y en algunos casos con mayor permisividad respecto al uso del agua.

1.2. Manejo del viñedo

Tradicionalmente, las densidades de plantación en los viñedos españoles eran más bajas que en la mayoría de países vitícolas de Europa, con una media ponderada de 1.865 cepas/ha, en una horquilla comprendida entre las 4.391 cepas/ha en Cantabria y las 1.417 cepas/ha en la región central (Madrid y Castilla-La Mancha), pudiendo considerarse como referencias intermedias a la región del Alto Ebro, con una densidad que se situaba en las 3.733 cepas/ha, y Andalucía con una media de 2.777 cepas/ha (Hidalgo, 1993). Esta realidad obedecía en gran medida a las severas condiciones de suelo y clima.

Respecto al marco de plantación, salvo en algunas regiones andaluzas con plantaciones en marco rectangular o en calles, predominaba la disposición a marco real o en cuadro, y en menor medida en tresbolillo y en cinco de oros, variando las separaciones entre calles y plantas a lo largo de la fila, según las condiciones edáficas y climáticas. Estas disposiciones de las cepas, especialmente el marco real, tenían buen predicamento entre los viticultores ya que permitían la práctica de labores de mantenimiento de suelo en los dos sentidos de la disposición de las cepas, utilizando para ello medios tanto animales como manuales y mecánicos, de diversa índole. En lo relativo a la conducción, y como consecuencia nuevamente de las condiciones limitantes de suelo y clima ya mencionadas, ésta venía marcada por el predominio de formas libres (no apoyadas), de formas bajas (reducida altura del tronco y de la estructura permanente de la cepa) y de la utilización de poda corta, en pulgares (Figura 3). Concretamente nos estamos refiriendo principalmente al sistema de conducción en vaso. Todo el trabajo de poda era manual, y se complementaba con operaciones en verde tales como el desnietado y la “espergura” (eliminación de brotes anticipados y secundarios), el despunte y el deshojado tardío al inicio de la maduración, que requerían una fuerte carga de mano de obra. Por su parte, las formas apoyadas, con sistemas de poda larga (varas) o mixta (varas y pulgares), quedaban relegadas a viñedos con mayor disponibilidad de agua, incluso de riego, a variedades de escasa fertilidad y a viñedos del noroeste de la Península y de la cornisa Cantábrica, en donde predominaban el parral y sus variantes, así como la espaldera con una disposición vertical de la vegetación, más propia del Marco de Jerez. La recolección era completamente manual.



Figura 3. Cepa en sistema de conducción libre (vaso)

Desde una perspectiva fitosanitaria, los métodos de lucha fitosanitaria eran básicamente químicos, con una mayor incidencia de plagas en la España meridional y de enfermedades en la España septentrional. Por otra parte, la fertilización se basaba con frecuencia en el empirismo, con la utilización de abonos y enmiendas orgánicas (estiércoles), aunque también con el uso de abonos químicos, en muchos casos inspirados en el famoso y “polifacético” abono complejo 15:15:15.

1.3. Recursos genéticos

La composición varietal del viñedo en los años setenta del siglo XX, presentaba cambios importantes con respecto a lo que había sido el viñedo español en la segunda mitad del siglo XIX. La gran diversidad genética que a principios del siglo XIX describía Simón de Roxas Clemente y Rubio para las variedades andaluzas (1807), se había visto diezmada por la llegada a Europa de plagas y enfermedades causadas por el oídio (*Erysiphe necator*, en 1845), la filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*, en 1863) y el mildiu (*Plasmopara viticola*, en 1878) (Toepfer *et al.*, 2011), y su posterior extensión por la Península Ibérica (véanse Piqueras Haba, 2005 y 2010; Fontaine *et al.*, 2021).

Estas plagas y enfermedades condicionaron de forma importante la reestructuración del viñedo y desplazaron la línea de cultivo de la vid hacia latitudes más meridionales. La superficie de viñedo se reducía en las zonas que iban siendo colonizadas por enfermedades y plagas, y se ampliaba en zonas todavía no expuestas, dada la escasez de vino y su elevado precio en los mercados internacionales. Por ello, la segunda mitad del siglo XIX tuvo efectos diferenciales en cada región vitícola, provocando un fuerte crecimiento de más de un 60% de la superficie total del viñedo, desde 1.075.000 ha en 1857 a 1.732.000 ha en 1880 (Piqueras 2005 y 2010). Por otra parte, se promovió el cambio de algunas variedades más susceptibles a las enfermedades por otras más tolerantes, como Garnacha Tinta, Bobal o Monastrell en el caso del oídio, incluyendo el uso de nuevas variedades tintoreras que mejorasen la coloración de los vinos. Asimismo, se introdujo el cultivo de híbridos productores directos en las comarcas mayormente azotadas por el mildiu.

La filoxera se extendió por España durante más de treinta años, entre 1870 y 1903, coincidiendo con la crisis económica de fin de siglo. El viñedo necesitaría otras tres décadas para recuperarse mediante la replantación con portainjertos resistentes (Azcárate, 1996; Piqueras, 2005), cuando el resto de regiones vitícolas europeas se habían recuperado con anterioridad, normalizándose el mercado internacional del vino. La filoxera afectó de manera desigual a las diferentes zonas vitícolas españolas, de tal forma que las regiones afectadas más tardíamente (La Rioja, Cariñena, Requena, Jumilla, Tierra de Barros y La Mancha) incrementaron notablemente su superficie vitícola, compensando la destrucción producida en los viñedos de Cataluña, Andalucía o del Valle del Duero (Piqueras, 2005).

El mapa del viñedo español en 1930, tenía poco que ver con el de 1875. Durante este periodo, desaparecieron también variedades consideradas secundarias por su limitada superficie de cultivo en determinadas regiones. Aun así, en 1912 Nicolás García de los Salmones, en su “Estudio general de conjunto de las viníferas españolas” (García de los Salmones, 1914), describe una lista de 2.053 nombres varietales, organizados por provincias e incluyendo sus sinonimias. Un total de 843 accesiones de viníferas se conservaron en la colección que este investigador

creó en Villava (Navarra), y que fue el embrión de la actual colección nacional de El Encín (Muñoz Organero et al, 2017). La paulatina recuperación de la superficie de viñedo durante las décadas siguientes, contribuyó seguramente a aumentar la erosión genética, ya que el coste del proceso de injertado favoreció la multiplicación de las variedades más comunes, más productivas, con menor susceptibilidad a las enfermedades y que cumplieran las expectativas de vinateros y comerciantes en cuanto a grado y color.

Por todo ello, cabe pensar que el viñedo y el componente varietal de la vid se mantuvieron sin grandes innovaciones adicionales desde los años treinta hasta los setenta del siglo XX. El Estatuto del Vino de 1932 intentó apoyar la lenta recuperación del viñedo, que se vio truncada por la guerra civil. Este estatuto proporcionaba un marco legal más específico al desarrollo de las Denominaciones de Origen Protegidas, describiendo como tales diecinueve nombres geográficos: Rioja, Jerez, Málaga, Tarragona, Priorato, Panadés, Alella, Alicante, Valencia, Utiel, Cheste, Valdepeñas, Cariñena, Rueda, Ribeiro, Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda, Malvasía-Sitges, Noblejas y Conca de Barbará. Algunas de ellas se habían autorizado previamente bajo la Ley de Propiedad Industrial de 1902. No obstante, sólo tres de las 19 llegaron a aprobar sus estatutos antes del final de la guerra civil: Jerez, Manzanilla- Sanlúcar de Barrameda y Málaga.

En 1970, existían veintidós Denominaciones de Origen Protegidas en España y sus estatutos recogían las variedades a proteger en cada caso, cuestión que no era objeto del Estatuto del vino de 1932, en el que apenas se hablaba de variedades (<http://www.yravedra.com>) (Figura 4). A partir de la década de los setenta del siglo pasado, con la entrada en vigor de la Ley 25/1970, con el nombre de Estatuto de la Viña, del Vino y de los Alcoholes, que sustituía al obsoleto Estatuto del Vino de 1932, con la consecuente creación del Instituto Nacional de Denominaciones de Origen (INDO) en 1972 y la elaboración del Catastro Vitícola y Vinícola, se potenció en España las Denominaciones de Origen, y con ellas el papel de las variedades en los vinos de calidad.

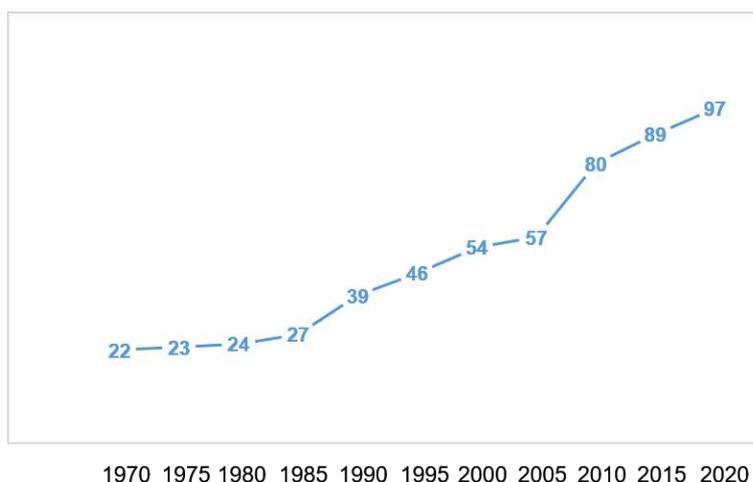


Figura 4. Evolución del número de D.O.P. de vinos en España. Elaboración propia a partir de datos del anuario estadístico del MAPA

El Catastro Vitícola y Vinícola elaborado entre 1970 y 1982, recogió provincia por provincia, entre otras muchas variables, la superficie de viñedo cultivada para cada variedad. Antes de 1969, no se había realizado nunca en España este tipo de trabajo, y los datos que existían hasta ese momento eran de distintas procedencias, no concordando entre ellos, ni reflejando la

realidad. No existen estudios que comparen este catálogo con los actuales. Sin embargo, cabe suponer que el cultivo se concentraba en pocas variedades y portainjertos, como sigue ocurriendo en la actualidad. La creación de las D.O.P., que establecen en sus estatutos las variedades autorizadas, provoca una reducción de las superficies dedicadas a otras variedades, lo que acaba también contribuyendo a la erosión de la diversidad genética del viñedo.

Cabe mencionar que es en la década de los setenta, cuando comienzan en España los programas de mejora de variedades, mediante la selección clonal-sanitaria. La necesidad de injertar yemas procedentes de plantas consideradas adecuadas para las nuevas plantaciones, motivó que los objetivos básicos de esta selección clonal fueran fitosanitarios y de producción, manteniendo las características de identidad de la variedad (Ibáñez *et al.*, 2015). La selección clonal aprovecha la variación somática que se acumula en una variedad como resultado de la propagación vegetativa, seleccionando plantas que están libres de enfermedades víricas, transmisibles por este sistema de multiplicación. El primer programa se inició para la variedad Tempranillo en 1976 en el CRIDA06 (Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario) de Rioja-Navarra localizado en la Finca Valdegón (Vicente *et al.*, 1995). Este programa dio lugar a la certificación de ocho clones de esta variedad en 1990, entre los que se encuentran algunos de los más plantados en La Rioja y en España, incluso en la actualidad. Al mismo tiempo, otro instituto público en Cataluña, el INCAVI, inició sus programas de selección, que han dado lugar a más de sesenta clones certificados de diferentes variedades.

En lo relativo a los portainjertos, que contribuyeron a resolver el problema de la filoxera, es a partir de 1870 cuando se genera una amplia colección con decenas de portainjertos, en muchos casos como híbridos inter-específicos de especies de *Vitis* americanas (de Herralde *et al.*, 2019). Según estos autores, en España la replantación fue lenta debido, entre otras circunstancias, a que la expansión de la plaga también lo fue, a que se generaron dudas sobre su resistencia a la filoxera a largo plazo y a la falta de adaptación de algunos de ellos a las condiciones edafoclimáticas del país. Durante las primeras décadas del siglo XX, estas dudas se vieron confirmadas por el uso mayoritario, en un primer momento, de portainjertos vinífero-americanos como el 1202 Couderc y los AxR1 y AxR9, conocidos popularmente como Murviedro y Aramón, que llegaron a utilizarse en hasta un 80% de la superficie de viñedo. Desafortunadamente, los híbridos con *Vitis vinífera*, como era el caso de los citados anteriormente, derivados de las variedades Monastrell (Mourvedre) y Aramón, no toleraban completamente la presencia del insecto, y pronto decayeron. Tal circunstancia llevó a su sustitución, en un primer momento, por el portainjerto “todo terreno” Rupestris de Lot, y posteriormente por híbridos derivados de *V. berlandieri*, como 420A, 110R, 99R, 41B, 161-49C, ..., generalmente bien adaptados a suelos calizos y más tolerantes a la filoxera, lo que hizo cambiar el panorama del viñedo entre 1935 y 1950 (Larrea, 1950). Este autor describe una lista con más de cuarenta portainjertos que se usaban en España en aquellas décadas, lista que ha tenido muy pocas modificaciones desde entonces

A partir de 1970, el Estatuto de la Viña, del Vino y de los Alcoholes obligaba al uso de portainjertos en las nuevas plantaciones, lo que fue imponiéndose poco a poco. Hoy en día, todavía persisten algunos viñedos que crecen sobre sus propias raíces en suelos arenosos, poco favorables para la filoxera, en distintas regiones. En las Islas Canarias prácticamente el 100% de su viñedo está en pie franco, habida cuenta de sus condiciones ecológicas específicas y de su

carácter insular, que siempre ha constituido un freno natural y geográfico a la presencia de la filoxera.

1.4. El sector vitivinícola

De forma similar a otros países de fuerte tradición en el cultivo de la vid, en este período las explotaciones vitícolas eran de poca superficie, con un elevado número de pequeñas parcelas de viñedo. La media ponderada del tamaño de la explotación en los años setenta era de 1,75 ha, alcanzando los valores mayores en el centro de la península (3,95 ha) y los más reducidos en Galicia (0,23 ha), tal y como indica Hidalgo (1993). Frecuentemente, el viñedo pertenecía al viticultor y el arrendamiento o la aparcería eran relativamente modalidades de explotación reducidas, en especial la aparcería. Paralelamente, el sector vitivinícola estaba caracterizado por la inercia y la costumbre, y se mostraba inmovilista y hostil a la innovación (Sotés 2004), lo que probablemente estaba relacionado con un bajo nivel de profesionalización del viticultor, con una escasa oferta de formación, con la casi nula presencia de técnicos gestores de las explotaciones vitícolas y con el predominio del empirismo, debido a la falta de conocimiento generado desde la I+D. Es importante mencionar la importancia que en estos momentos tuvo la creación de cooperativas de viticultores a la hora de avanzar en los modelos productivos, que en esos momentos e incluso hasta final del siglo XX se caracterizaban por una clara disociación entre el sector productor y el sector elaborador.

2. Intensificación de la viticultura en los años ochenta y noventa

Con el panorama que acabamos de presentar, y en mitad de la década de los ochenta, la entrada de España en la Comunidad Económica Europea venía a poner de manifiesto la inferioridad de la viticultura española respecto al potencial de otros países vitícolas comunitarios. En esta situación, resultaba razonable que el sector buscara salidas y alternativas que aportaran mayor productividad a la actividad relacionada con la viña y el vino, como lo podían ser la mejora del rendimiento, la disminución de los costes del cultivo y la adaptación a los nuevos niveles de calidad exigida por el mercado, todo ello en un marco del incremento del grado de mecanización, de la introducción de tecnologías innovadoras, de la mejora del material vegetal y de un interés creciente por ordenar el sector y mejorar la normativa sobre el cultivo. En definitiva, surge la necesidad de pasar de un modelo de viticultura de corte tradicional a otro más propio de una viticultura intensiva y de modernidad. Sin duda, en este cambio también tuvo mucho que ver el modelo de lo que se ha denominado la Viticultura del Nuevo Mundo, que mantenía una postura más pragmática y menos restrictiva del cultivo de la vid en países como Estados Unidos (California), Australia, Chile o Sudáfrica.

Ante la encrucijada planteada por el escenario vitícola descrito y por la situación del mercado internacional, se podían plantear distintas estrategias para mejorar la rentabilidad. Así las cosas, de un lado se podía situar lo que cabe expresar como un modelo de “Viticultura de altos rendimientos”, con un marcado carácter de agricultura intensiva. En este concepto de viticultura, predomina básicamente la búsqueda de la rentabilidad mediante la reducción de los costes de implantación y de cultivo y la obtención de la máxima producción, renunciando en muchos casos a la tipicidad del vino, tendiendo a la estandarización que se refuerza a través de la utilización de un número reducido de variedades y de prácticas enológicas y de crianza. En el

otro lado, hablaríamos de una viticultura más tradicional que, con rendimientos más moderados, tiene como objetivo esencial la obtención de niveles elevados de calidad y de tipicidad (García-Escudero, 2008). En realidad, ambos conceptos de la viticultura podían y pueden ser válidos, dependiendo del contexto socioeconómico o de la idea de desarrollo y competitividad que se considere. En el equilibrio entre ambas ideas, las circunstancias llevaron al desarrollo de una viticultura más productiva, más tecnificada y de calidad a partir de las dos últimas décadas del siglo XX.

2.1. Superficie, localización y producción

En 1985, año de la firma del Tratado de Adhesión de España a la Comunidad Económica Europea, el rendimiento medio del viñedo español se situaba en torno a los 3.300 kg/ha (Figura 5), mientras que en países como Francia y Alemania se alcanzaban los 8.000 kg/ha y 10.000 kg/ha, respectivamente, y en países del Nuevo Mundo, como Australia, la producción media superaba con creces los 12.000 kg/ha (Hidalgo, 1993; Sotés, 2004; Barco, 2018). La evolución del rendimiento del viñedo español muestra unos marcados dientes de sierra hasta que se estabiliza en los 5.500-6.000 kg/ha, en torno al año 2000. A partir de este momento, el rendimiento seguirá mejorando a lo largo del siglo XXI hasta la actualidad (Figura 5). En 1985, España era el país con mayor superficie de viñedo del mundo, con aproximadamente 1,5 millones de hectáreas (Figura 2), equivalente a la superficie destinada al viñedo en los años sesenta y setenta. Sin embargo, en el año 2000 esta superficie se había reducido a menos de 1,2 millones de hectáreas, cifra que seguirá en descenso hasta la actualidad.

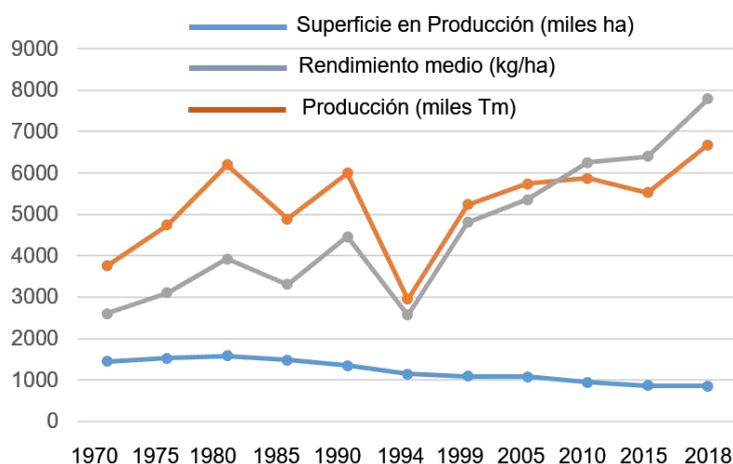


Figura 5. Evolución de la producción y rendimiento del viñedo de transformación. Elaboración propia a partir de datos del anuario estadístico del MAPA

En no pocas regiones vitícolas, se produce un desplazamiento del viñedo con respecto a etapas anteriores. Este cambio de ubicación puede identificarse con la evolución de “una viticultura de ladera hacia una viticultura de llanura, valles y vaguadas”, que en algunos casos indujo a movimientos de tierras que podían resultar lesivos para el medio ambiente y el paisaje. Además, cabe considerar, tal y como indica Sancha (2018), que los suelos de valle, más fértiles y profundos, pueden modificar sensiblemente el comportamiento del viñedo en cuanto a vigor, rendimiento, sanidad y calidad.

2.2. Manejo del viñedo

Durante este período, se llevan a cabo cambios en la densidad y en el marco de plantación, así como en el sistema de conducción, con el fin de incrementar el nivel de mecanización de determinadas tareas vitícolas y de facilitar su gestión (poda, mantenimiento de suelo, tratamientos fitosanitarios, recolección...), procurando así mejorar la rentabilidad mediante la disminución de los costes de cultivo. En este contexto, se pasa de densidades de plantación relativamente elevadas para una viticultura mediterránea, a densidades de plantación más bajas, jugando con los marcos de plantación. Asimismo, se apuesta por las disposiciones rectangulares, con anchura de calle más amplia, intentando compensar en determinados casos la disminución de la densidad de plantación con la reducción de la distancia entre cepas a lo largo de la línea. En lo relativo a la conducción, y a partir de las formas libres en vaso, se evoluciona hacia formas apoyadas en espaldera, aunque se mantiene la formación en parral y sus variantes en las regiones en las que ya tenían fuerte implantación. En general, se tiende a una elevación de la altura a la que se establece la estructura permanente de la cepa. En ocasiones, este tipo de decisiones llevó a la adopción de sistemas de poda larga o mixta (sistemas Guyot y variantes) que, junto a sistemas de conducción en cordón con podas cortas, largas y mixtas sobre su estructura permanente y apoyada, se entendían como más adecuadas a esta nueva forma de entender el cultivo. La espaldera permitía un mayor grado de mecanización, y en circunstancias favorables al incremento de vigor, resultaba adecuada para mantener niveles elevados de cosecha y en su caso para el control de la presión de enfermedades (*Botrytis*). Aunque en opinión de algunos autores el vaso y la elevada densidad de plantación se asocian con un aumento en la calidad (Sancha, 2018), también cabe considerar que, en situaciones limitantes para el cultivo, la disminución de la densidad de plantación constituye una buena alternativa desde el punto de vista de adaptación al estrés hídrico en regiones cálidas, reduciendo en cierta medida la necesidad de riego y aumentando la rentabilidad económica (Van Leeuwen *et al.*, 2019). Por ello, era y es importante la toma de decisiones para cada entorno vitícola.

Un factor determinante en el aumento del rendimiento del viñedo durante esta etapa, tuvo que ver sin duda alguna con una mayor permisividad en el uso del riego (Figura 5), técnica de cultivo que en el caso de la vid había gozado de mala prensa y controversia, si bien asociada probablemente a un manejo deficiente del mismo. Fruto de la presión de una parte del sector, y ante la indefensión de nuestra viticultura frente a otros países con condiciones climáticas menos limitantes, y que en algunos casos mostraban una menor rigidez legal respecto al uso del riego, el año 1996 marcó un punto de inflexión con la Ley 8/1996, del 15 de enero, por la que se adoptaban medidas urgentes para reparar los efectos producidos por la sequía, ley que derogó el artículo 42 del Estatuto de la Viña, del Vino y de los Alcoholes de 1970, que prohibía el riego de la vid, tal y como se ha comentado anteriormente. Se abrían así expectativas más favorables, manteniéndose lagunas sobre la utilización del riego, que se subsanaron con iniciativas legales posteriores. En este nuevo contexto, se liberaba el riego en viñedos destinados a la producción de vinos de mesa, pero se mantenía una relativa restricción en viñedos productores de vinos de calidad (DOs, ...), limitaciones que solían referirse a la fecha de la interrupción del riego, por lo general asociada a la fase del envero. Esta limitación se fue reajustando con la comprobación de que riegos moderados durante el proceso de maduración, en condiciones de estrés hídrico, contribuyen a mantener y mejorar la calidad de la uva. Posteriormente, la Ley 24/2003, de 10

de julio, de la Viña y del Vino, supondría de nuevo otro impulso, emplazando a instituciones de control, como los Consejos Reguladores, a que marcasen normas de campaña que regularan el eventual uso del riego, encomienda que ha evolucionado a través de estrategias cada vez más racionales y acordes con una adecuada utilización del agua. Con el paso del tiempo, el riego en el viñedo experimentó cambios positivos: utilización de modalidades de riego más eficaces y racionales, como los sistemas a presión (aspersión, en riego de invierno) y fundamentalmente el riego localizado en sus diversas variantes (Figura 6), como principal opción para riegos en vegetación; la consolidación de un soporte técnico adecuado, tanto a nivel del diseño de instalaciones como en la disponibilidad de criterios para pilotar el riego, en un marco que abría expectativas asociadas a la viticultura de precisión, que permitían racionalizar las estrategias de riego; y por otro lado, mayores aportaciones de información derivadas de la investigación y de la experimentación en la materia, que de algún modo se habían visto limitadas por las restricciones previas. La Figura 7 pone de manifiesto los efectos de esta ley en la recuperación de la productividad del viñedo, seriamente afectada por la sequía en la mitad de la década de los noventa. Por otra parte, la Figura 8 muestra cómo a partir de estos cambios legislativos aumenta progresivamente el uso del riego hasta casi alcanzar el 30% de la superficie actual de viñedo. Entre los años 1994 y 2000, la superficie de viñedo en regadío pasó de 32.000 a 81.000 ha, lo que representaba un incremento desde el 2,7 % a un 7,0 % de la superficie de viñedo con riego.



Figura 6. Instalación de riego localizado en viñedo en espaldera

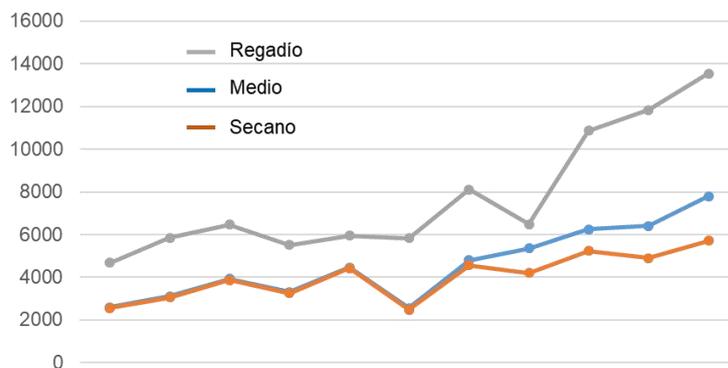


Figura 7. Evolución del rendimiento del viñedo (kg/ha) en secano y regadío. Elaboración propia a partir de datos del anuario estadístico del MAPA

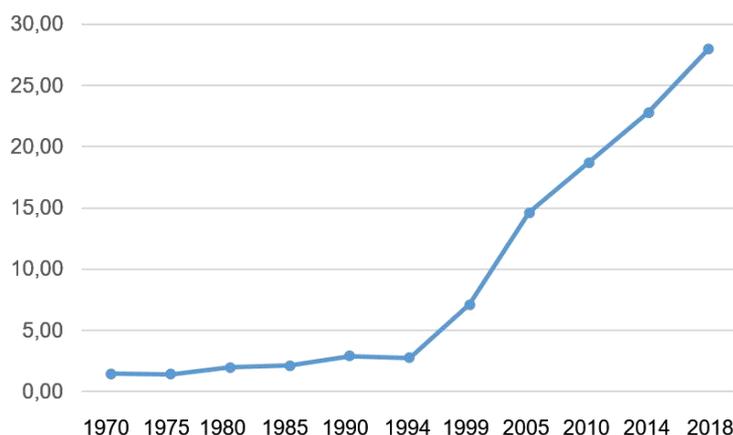


Figura 8. Evolución del porcentaje de superficie de viñedo de transformación en regadío. Elaboración propia a partir de datos del anuario estadístico del MAPA

En lo relativo a otras técnicas de cultivo, durante esta segunda etapa aumenta claramente la mecanización de distintas operaciones culturales en el viñedo (Figura 9). Las mejoras en la poda se asocian en gran medida a la evolución de los sistemas de conducción hacia las formas apoyadas, principalmente a la utilización de estructuras fijas como las espalderas y dentro de éstas, aquellas que conducen verticalmente la vegetación anual. Aunque las prepodadoras ya se habían puesto a punto para el sistema de conducción en vaso, es con la espaldera cuando mayor desarrollo despliegan, dado que no solo facilitaban la eliminación de sarmientos de los alambres, sino también las labores de poda definitiva de invierno. Las operaciones en verde (Figura 10) como el caso del despunte se facilitaron con las despuntadoras; la elevación de alambres para la conducción de la vegetación anual, con la utilización de recogedoras de vegetación; y el deshojado tardío al inicio de maduración, mediante las deshojadoras. Alguna intervención en verde, como el desnietado (eliminación de brotes anticipados), se seguía realizando de forma manual, operación que incluso está desapareciendo en la actualidad. Por su parte, el aclareo de racimos, con un elevado coste en su realización manual, encontraba alternativas mecánicas con la utilización de las vendimiadoras que se usaban en recolección, e incluso con intervenciones químicas, mediante la utilización de productos hormonales (etileno). Las labores de “espergura” fueron mejorando sus perspectivas de mecanización, tanto de forma mecánica como química.

En relación a la vendimia, la aparición e implantación de las vendimiadoras facilitó sin duda alguna su realización, generando un mayor grado de independencia respecto a la oferta y oportunidad de mano de obra, así como interesantes expectativas de reducción de costes, situaciones que se fueron consolidando con el tiempo. No obstante, hemos de indicar que el inicio de la utilización de las vendimiadoras suscitó no pocos problemas, sobre todo por la falta de adaptación entre la máquina y la conducción del viñedo. Superados estos inconvenientes, se llegó a alcanzar una excelente sintonía entre máquina y cultivo, pasando la preocupación a otros menesteres y expectativas: prestaciones añadidas en campo de la vendimiadora (almacenamiento de la uva, tratamiento mecánico de la vendimia in situ, correcciones de la uva...), y los elementos de transporte desde el campo a la bodega, procurando asegurar ciclos cortos de transporte y el mayor respeto a las características físicas y de calidad de la uva. En el paisaje propio de la época de vendimia, la recolección manual y la mecánica comenzaban a convivir en equilibrio, y se marcaba ya una tendencia, si bien atendiendo los objetivos y

3.10. Evolución del cultivo de la vid de vinificación en España en los últimos cincuenta años

características de las explotaciones, hacia la vendimia mecánica, que se mantiene en la actualidad (Figura 11).



Figura 9. Utilización de tijeras eléctricas de poda



Figura 10. Intervención en verde de aclareo de racimos y de deshojado



Figura 11. Recolección mecánica (Vendimiadora)

No se pueden olvidar las prestaciones que mejoraron la lucha fitosanitaria, la estrategia de abonado y las diferentes modalidades de mantenimiento del suelo. En este sentido, cabe

destacar las mejoras de los equipos de aplicación y de los dispositivos de recuperación de productos fitosanitarios, con una mayor eficiencia y control de los tratamientos, así como la utilización de abonadoras centrífugas y localizadoras más acordes a la distribución de los fertilizantes, así como el uso de remolques esparcidores y localizadores de enmiendas y abonos orgánicos. En el capítulo de mantenimiento del suelo, la realización de un cronograma de labores seguía siendo el sistema preferido por el viticultor, que aprovechaba las mejoras de los aperos que para tal fin ofrecía el mercado de la maquinaria agrícola, tanto para el mantenimiento de la calle como de la fila del viñedo (cultivadores, chissel, intercepas...). Paralelamente, se fue abriendo camino la aplicación de herbicidas, por lo general en un modelo mixto de mantenimiento: labores en la calle y utilización de herbicidas en la línea. En lo relativo al uso de plaguicidas y fungicidas, se inicia el desarrollo de estrategias de lucha integrada, que trataban de abordar el problema de las plagas y enfermedades desde diferentes puntos de vista. La investigación de la biología de patógenos y plagas empieza a ofrecer nuevas estrategias de tratamientos, que se irán haciendo efectivas a lo largo de las próximas décadas. Paralelamente, esta etapa también aprovechó el constante desarrollo de nuevos fungicidas, plaguicidas y fertilizantes.

2.3. Recursos genéticos

Sin duda alguna los recursos genéticos jugaron un papel fundamental en la mejora del rendimiento del viñedo durante esta etapa, es decir, entre 1985 y el final de siglo (véase el incremento del rendimiento independiente del riego en la Figura 5). Los primeros programas de selección clonal mencionados anteriormente en La Rioja y Cataluña, empezaron a dar sus frutos a finales de los ochenta, y especialmente en la década de los noventa. Con la transferencia de las competencias de investigación agraria a las Comunidades Autónomas, a principios de la década de los ochenta, muchas iniciaron sus propios programas de selección clonal. Este fue el caso de Andalucía (IFAPA Centro Rancho de la Merced), Galicia (EVEGA y MBG-CSIC), Navarra (EVENA), Valencia (UPV) o Madrid (IMIDRA). En los noventa, nuevos programas de selección clonal se pusieron en marcha en Castilla y León (ITACYL), País Vasco (EFZ), Aragón (CTA) y Extremadura (SIDT), e incluso por parte de algunas empresas seleccionadoras y multiplicadoras privadas (Ibañez *et al.*, 2015). Los programas de selección de las instituciones públicas pertenecientes a los gobiernos de las CC.AA., se enfocaron más en variedades locales, en algunas minoritarias (en ocasiones en peligro de extinción) o en variedades de relevancia regional. Por su parte, las empresas privadas pusieron el foco de atención en variedades ampliamente implantadas o en aquellas variedades con un interés comercial específico. Los criterios de selección preponderantes en esta etapa fueron el estado sanitario (criterio principal) y el rendimiento, contribuyendo así a la mejora de la producción.

La capacidad de identificar las distintas variedades de vid ha sido siempre un problema para conocer la variación genética disponible en un momento determinado, que en el caso de la vid se mezcla además con el hecho de que la misma variedad puede conocerse con diferentes nombres, en distintas localidades o regiones. Tradicionalmente, la identificación se ha sustentado en la descripción de la morfología de la planta y de sus caracteres diferenciadores (actividad denominada Ampelografía), siendo a partir del siglo XIX cuando el análisis morfológico se aborda desde un procedimiento científico. Cabello *et al.* (2011), en su libro sobre las Variedades de Vid en España, hacen un resumen sobre la evolución de esta ciencia descriptiva

en España, que ha sido útil en la identificación de variedades de uva conocidas y ha facilitado la clarificación de denominaciones ambiguas o el establecimiento de relaciones morfológicas entre variedades. Desgraciadamente, la caracterización morfológica que utiliza la ampelografía es un proceso que requiere mucho tiempo de análisis y se basa en caracteres que pueden variar dependiendo de las condiciones ambientales (Levadoux 1956). Por otra parte, la ampelografía exige una gran experiencia, e incluso los ampelógrafos más expertos sólo son capaces de identificar las variedades de su región o de su país, es decir, con las que trabajan regularmente.

Desde los años setenta, el desarrollo de marcadores basados en el uso de la variación genética a nivel de metabolitos y de proteínas con actividad enzimática (Wolfe, 1976), se ha usado con frecuencia para distinguir variedades de vid, dada la alta variabilidad genética presente entre cultivares propagados vegetativamente. Sin embargo, estos marcadores también pueden ser sensibles a efectos ambientales. Por ello, desde el momento en que el uso de la variación en la secuencia del ADN estuvo disponible para la vid, los marcadores de ácidos nucleicos han sido los que han conseguido un nivel de estandarización que permite su amplia utilización en todo el mundo. Los marcadores de tipo SSR (por repeticiones de secuencias simples en inglés) son reproducibles en cualquier laboratorio, y su utilidad en la identificación de variedades de vid se puso de manifiesto en los años noventa (Thomas *et al.*, 1993). La identificación de variedades de vid no sólo requiere marcadores sólidos, sino también bases de datos de genotipos de las variedades para esos marcadores. Estas bases de datos son las que permiten la identificación, y en la actualidad están disponibles de forma pública para miles de variedades de todo el mundo (Vitis International Variety Catalog, <http://www.vivc.de>). Gracias a esta nueva tecnología, a partir de los años noventa se han podido identificar la mayor parte de las variedades comerciales y muchas otras recogidas en bancos de germoplasma y en colecciones de diversos países con historia vitivinícola. En España, la colección nacional de variedades de El Encín ha jugado un papel central en esta caracterización, complementada con el estudio de otras colecciones regionales (Ibáñez *et al.*, 2003). Tal circunstancia ha acelerado enormemente la identificación varietal ante cualquier problema o duda, y ha permitido definir muy claramente las variedades recomendadas en cada D.O.P., y aunque en algunos casos se mantengan los nombres locales, estas sinonimias son conocidas y aceptadas. Asimismo, la disponibilidad de estos marcadores permitió iniciar la búsqueda de variedades minoritarias en diferentes regiones, como veremos posteriormente.

Debido al mencionado problema de la identificación varietal y a la existencia de viñedos con mezclas varietales, resultaba difícil antes de los años noventa identificar el número de variedades que se cultivaban en España. Cabello *et al.* (2011), en base al estudio de la colección de variedades de vid de El Encín, cifran en 190 el número de variedades autóctonas de vinificación caracterizadas en España en ese momento. En 1990, solo existían datos estadísticos de superficie cultivada para 97 de ellas (Cabello *et al.*, 2011). Estos datos indican que solo cuatro variedades superaban las 100.000 ha de superficie (Airén, Bobal, Garnacha Tinta y Monastrell). Otras doce (Cayetana Blanca/Jaén, Garnacha Blanca, Garnacha Tintorera, Macabeo/Viura, Cariñena/Mazuelo, Merseguera, Montua, Moscatel de Alejandría, Palomino Fino, Pedro Ximenez, Tempranillo y Xarello) superaban las 10.000 ha, 31 las 1.000 ha y 38 se cultivaban en más de 100 ha. En conjunto, los datos reflejan que, a pesar del número total de variedades, su representación en el cultivo y en los vinos está limitada a un número de variedades mucho

menor, confirmando así la erosión genética que tuvo lugar, por distintos motivos, a lo largo del siglo XX

En términos de recursos genéticos, si comparamos los datos de 1990 con respecto a los del año 2000, esta década de intensificación de la viticultura muestra la existencia de un intenso cambio varietal, en paralelo con una reducción progresiva de la superficie total de viñedo (Figura 2). La comparación permite discernir algunas tendencias claras. Por un lado, una caída en la superficie de cultivo de las variedades españolas más cultivadas, de la cual sólo se salvan las variedades tintas Tempranillo y Graciano. Especialmente la primera variedad comienza a subir de forma intensa al amparo de las denominaciones de origen, junto a algunas variedades blancas: las variedades gallegas Albariño, Loureiro, Godello; y la castellana Verdejo o el Moscatel de grano menudo, que también se ven favorecidas por el mismo motivo. Por otra parte, en muchas regiones se eleva la superficie dedicada a variedades consideradas como “internacionales”, generalmente de origen francés, especialmente Cabernet Sauvignon, Syraz, Chardonnay y Sauvignon Blanc, a la par que otras más secundarias como Cot, Pinot Noir o la alemana Gewurztraminer. Estas tendencias en los usos varietales se producen paralelamente a un gran aumento del número de D.O.P., que se duplican, pasando de 27 en 1985 a 54 en el año 2000 (Figura 4).

En definitiva, el auge del viñedo y de la elaboración de vinos de calidad es respaldado durante esta fase por la tecnificación de las explotaciones y la búsqueda de variedades consideradas de calidad a nivel internacional. Ello acabará generando una pérdida de la diversidad genética de la viña, a la que contribuye la utilización de un número limitado de clones, que provienen de las selecciones realizadas en cada variedad. Por otra parte, los vinos elaborados, aún de buena calidad, son proclives a la pérdida de elementos varietales diferenciadores, más allá de los que dependan del Terroir. Como veremos en la próxima fase, esta situación dará lugar, en un proceso de acción-reacción, a un renovado interés por la recuperación de variedades tradicionales que contribuyan a la diferenciación de los vinos de las distintas regiones españolas.

2.4. El sector vitivinícola

Puede decirse que, de algún modo, durante esta etapa final del siglo XX, el viñedo había pasado de ocupar una situación marginal, con baja productividad y rentabilidad en relación con otros cultivos, a convertirse en un componente esencial de la producción agraria y agroalimentaria de algunas regiones. Paralelamente, el vino evolucionaba desde un alimento importante en la dieta mediterránea a un objeto de consumo más hedonista, sufriendo una constante reducción en el consumo anual per cápita, pero con la aparición en paralelo de una tipología de consumidor más selectivo, que propicia que ese tipo de “nuevos vinos” sean demandados.

Los cambios en la viticultura a los que nos hemos referido, se vieron también favorecidos por las actuaciones de reconversión y reestructuración del viñedo propiciadas por la administración, así como la apuesta por la calidad asociada a entornos vitícolas concretos y a la intensificación mejor o peor entendida del cultivo. Relacionado con una mayor sensibilidad por el medio ambiente, tanto de consumidores como de productores, en esta etapa se inicia el desarrollo de sistemas de producción alternativos a los convencionales, como la viticultura ecológica, regulada inicialmente por el Reglamento de Denominación Genérica de Agricultura Ecológica 4/10/1989

y más tarde por el Reglamento europeo UE2092/91. Poco a poco, la viticultura ecológica irá incrementando su relevancia en algunas regiones, dando origen al vino de viticultura ecológica.

Asimismo, la tecnificación y la mecanización de las diferentes tareas del cultivo, y de los procesos de transformación de la uva en bodega, determinaron la necesidad de una mayor profesionalización del sector. Tal circunstancia, se vio favorecida por el establecimiento de la licenciatura en viticultura y enología en diversas universidades durante la década de los noventa, así como por el establecimiento y consolidación de titulaciones de formación profesional en estas disciplinas. Los egresados de estos estudios fueron rápidamente absorbidos por el sector, y contribuyeron a la consolidación de todos los cambios a los que nos hemos referido. Esta profesionalización del sector da origen a un acercamiento entre el sector productor y elaborador. Las distancias infranqueables que existieron durante gran parte del siglo XX, empiezan a difuminarse y el elaborador comienza a poner mayor énfasis en la viña, y no tanto en la metodología de elaboración. En este contexto, algunos productores comienzan a elaborar sus vinos propiciando la aparición de pequeñas bodegas en cuanto a su producción, pero de alto reconocimiento cualitativo.

3. Hacia una viticultura sostenible en el siglo XXI

En las dos últimas décadas, la viticultura se está enfrentando a nuevos escenarios relacionados con los procesos de globalización y de cambio climático, así como a un aumento de la sensibilización social por el medio ambiente y la voluntad del mercado de consumir vinos con una perspectiva más integral y más amplia del concepto de calidad. Todo ello está poniendo en valor modelos de producción menos intensivos y más integrados con el medio ambiente, que se identifican en muchos casos con la normativa sobre viticultura ecológica, u otros modelos como la viticultura biodinámica que, en su conjunto, forman parte de una tendencia general hacia una viticultura sostenible. Por otra parte, se está frenando el avance del modelo de viticultura más convencional, con menor sensibilidad por el medio ambiente y menor compromiso con las generaciones futuras, heredera del modelo que previamente designamos como “viticultura intensiva y de altos rendimientos”, que no siempre encaja en zonas productoras de vinos de calidad, donde la normativa vigente pone límites a los rendimientos, ni con sus necesidades de diferenciación, ni mucho menos con la disminución generalizada del consumo de vino.

En lo que respecta a las condiciones asociadas al cambio climático, éste se manifiesta básicamente a través de un incremento de la temperatura y un régimen heterogéneo de precipitaciones, con drásticas modificaciones en su distribución. Concretamente, un menor registro de lluvia durante la época estival, coincidiendo con los requerimientos más elevados por parte del cultivo, y mayor precipitación en otoño-invierno, siendo cada vez más frecuentes los eventos climáticos extremos (García-Escudero, 2018). Con este escenario surge una problemática que propicia la reducción de la expresión vegetativa de la planta, la intensificación de los efectos asociados al estrés hídrico, así como un mayor desacoplamiento entre madurez tecnológica y madurez fenólica y aromática, que genera un dilema a la hora de elegir la fecha de vendimia y ejerce una fuerte presión sobre la calidad y tipicidad del vino para un entorno vitícola determinado, y el posible desplazamiento de la ubicación del viñedo.

Este contexto de cambio climático tiene otras implicaciones de muy diversa índole en el viñedo, desde la pérdida de suelo hasta el aumento de los daños causados por las plagas y enfermedades o la aparición de nuevos enemigos para el cultivo. Los eventos climáticos extremos reducen el aprovechamiento del agua y fomentan la erosión, con una mayor incidencia en viñedos con escasa capacidad de retención de agua, en pendiente, con un mantenimiento del suelo a base de herbicidas o con un intenso calendario de labores... aumentando el riesgo de la pérdida de un patrimonio difícilmente reemplazable y muy asociado a la calidad, como es el suelo.

Ante este escenario, los esfuerzos se concentran en la apuesta por sistemas de producción vitícola basados en la Sostenibilidad. La Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) en su Resolución CST 1/2004, de 31 de julio, define la Vitivinicultura Sostenible como un: "... enfoque de los sistemas de producción y transformación de las uvas, asociando a la vez continuidad económica de las estructuras de los territorios, la obtención de productos de calidad, la consideración de las exigencias de una viticultura de calidad, de los riesgos vinculados al medio ambiente, a la seguridad de los productos y la salud de los consumidores, y la valoración de los aspectos patrimoniales, históricos, culturales, ecológicos y paisajísticos...". En definitiva, se trata de una forma de entender la Viticultura que aprovecha las potencialidades de un determinado entorno vitícola concreto sobre la base de:

- El respeto al medio ambiente y la preocupación por la seguridad en la cadena de producción.
- La rentabilidad entendida de una forma más equilibrada y social.
- El compromiso con el futuro y con las generaciones venideras.
- La apuesta por la biodiversidad del medio y la diversidad genética, para contrarrestar la erosión genética y favorecer la diferenciación.
- El manejo racional de los factores de producción: entorno natural, biológico y cultural, y la aplicación de herramientas para la toma de decisiones, tanto en la implantación del viñedo, como en la gestión de las técnicas de cultivo.
- La consideración de la calidad como referencia, incluyendo entre sus atributos no solo la madurez y sanidad de la uva, sino además su cultivo respetuoso con el medio ambiente, su tipicidad y diferenciación, la seguridad (tanto en su perspectiva de alimentación como de origen), la proximidad, y la asociación a un entorno cultural, paisajístico y artístico determinado (García-Escudero, 2008)

Este modelo de Viticultura Sostenible, que tiene muy en cuenta los cambios comentados y en especial la crisis climática, invita a trabajar a diferentes niveles: localización del viñedo, utilización de material vegetal, gestión de las técnicas de cultivo y medidas a adoptar en bodega.

3.1. Superficie, localización y producción

A lo largo de las dos décadas de este siglo, tal y como se muestra en la Figura 2, la superficie de viñedo de vinificación ha continuado decreciendo desde los casi 1,2 millones de hectáreas, que se consignaban en el año 2000, hasta los cerca de 0,92 millones de 2018. Esta reducción en la superficie de viñedo no ha afectado a la producción, circunstancia asociada al incremento en el rendimiento por hectárea (Figura 5). Seguramente este aumento hay que atribuirlo a las distintas estrategias que mencionamos en la etapa anterior, entre las cuales la selección clonal y una mayor y mejor aplicación del riego, han jugado un papel muy importante.

En relación a la localización del viñedo, las condiciones climáticas podrían estar empezando a provocar un lento cambio en su ubicación, hacia situaciones geográficas de mayor latitud, que pueden no coincidir con las propias del cultivo tradicional hasta la fecha. No obstante, esta tesitura puede tener una lectura favorable para regiones con dificultades para conseguir una maduración adecuada (zonas de influencia más atlántica y septentrional en el hemisferio norte), o bien en regiones en las que el cultivo de la vid ha sido imposible por cuestiones climáticas limitantes. Así mismo, se observan, por ejemplo, desplazamientos en altitud dentro de los límites geográficos de las D.O.P. Será interesante analizar estos procesos de desplazamiento, junto con la reducción o el incremento de la superficie vitícola en determinadas zonas de España, que puedan asociarse a factores climáticos que limiten o favorezcan una viticultura de calidad.

Estas nuevas condiciones obligan al conocimiento exhaustivo del entorno vitícola cercano: suelo, clima y factores geográficos que resulta imprescindible en la toma de decisiones previas de localización del viñedo, de la elección de variedades y portainjertos en base a la valoración de sus aptitudes y sus limitaciones frente al clima, o en la caracterización de potenciales escenarios vitícolas, cuestión que resulta compleja pero que empieza a tomar forma en estrategias de algunas empresas del sector.

3.2. Manejo del viñedo

Si hablamos del manejo del viñedo desde una perspectiva de viticultura sostenible, en los últimos años se está viviendo una explosión de tecnologías que permiten monitorizar no sólo las variaciones de los factores ambientales y del suelo, sino también del estado fisiopatológico de la planta, junto con un mayor conocimiento y modelización del medio biológico en el que se encuadra el viñedo. Estas nuevas tecnologías aportan información que puede permitir de manera más eficiente la toma de decisiones relativas al manejo, tanto de la planta como de su producción, así como de los tratamientos frente a plagas y enfermedades. Estas tecnologías permiten avanzar en el manejo del viñedo hacia lo que se ha denominado como viticultura de precisión, es decir, gestionar el viñedo teniendo en cuenta la variación espacial de la producción y de la calidad de las uvas entre plantas de la misma parcela o entre diferentes viñas. De esta manera, se pueden identificar distintas zonas del viñedo en las que realizar un manejo diferenciado, estableciendo estrategias selectivas y adecuadas con el entorno y con los objetivos de producción y de calidad que se persiguen en cada caso (García-Escudero, 2018). Herramientas como la Guía de Campo de Viticultura (Baeza, 2017), promovida desde el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, ofrecen un interesante itinerario de actuación.

En la misma línea, la gestión racional del riego, apoyada en las tecnologías de la viticultura de precisión, se postula como una herramienta eficaz para mitigar de forma directa los problemas de disponibilidad de agua en el viñedo. Los avances tecnológicos en sensores de caracterización del estrés hídrico pueden conseguir una importante economía del agua, permitiendo establecer estrategias de mantenimiento de la calidad y contribuyendo a un mejor ajuste de los procesos de maduración, a través de su influencia en el microclima de la cepa, en el crecimiento vegetativo o en el equilibrio rendimiento/vegetación. Las estrategias de riego deficitario controlado y las herramientas de decisión para el manejo del riego, proporcionan por tanto un marco adecuado de actuación sostenible en una viticultura cada vez más cálida.

En el ámbito de la fertilización, y desde una perspectiva de abonado sostenible y más racional, se apuesta por una fertilización regular y moderada, frente a los abonados masivos e irregulares, e incluso en muchas ocasiones inexistentes, que de algún modo se han convertido en una práctica habitual. No se puede olvidar que la vid es una planta con necesidades poco elevadas de elementos minerales y que, por razones de calidad de la uva, no conviene forzar su aporte. Paralelamente al manejo del riego, resulta de sumo interés la aplicación de herramientas que permiten estimar el estado de nutrición de la planta, bien sea mediante métodos tradicionales como la observación y el análisis de suelo, bien sea por el análisis y el diagnóstico foliar, o a través de técnicas más novedosas basadas en la transmitancia, reflectancia o fluorescencia de la vegetación anual (Figura 12). En la actualidad, la fertirrigación asociada a un manejo adecuado del riego, constituye una excelente alternativa para un mejor ajuste del abonado de la viña. Dentro de una estrategia sostenible se está valorando más la utilización de enmiendas y abonos orgánicos, incluyendo dentro de lo posible la utilización de subproductos del propio cultivo, en un contexto de economía circular y de mejora de la calidad del suelo, frente a la incorporación de abonos químicos. Asimismo, existe una tendencia a disminuir los aportes de N y a contener la disponibilidad de K, circunstancia muy ligada a la falta de acidez, preocupación importante en el ámbito enológico.



Figura 12. Equipo de medida de reflectancia (caracterización estrés hídrico)

Por su parte y en el momento actual, la conducción del viñedo en su sentido más amplio, juega un papel decisivo desde el punto de vista de la calidad, de la gestión y equilibrio del rendimiento y del vigor, así como en la reducción de los efectos del cambio climático. Un buen manejo de la vegetación anual ayuda a limitar los problemas asociados al aumento de temperatura y a la sobreexposición de racimos, buscando un nivel de porosidad de la vegetación que favorezca el microclima de hojas y racimos a través de parámetros tales como la densidad de plantación, la disposición de la arquitectura permanente de la cepa y la altura y anchura de vegetación. En este sentido, y aunque los sistemas en espaldera dirigidos verticalmente resultan muy frecuentes y sugerentes desde el punto de vista de la mejora de la mecanización, no es menos cierto que conducciones en vaso o con espalderas que mantienen más libre la vegetación, están adquiriendo un notable protagonismo. Además, intervenciones en verde como el despampanado (espergurado), el aclareo de racimos o el deshojado (precoz y tardío) contribuyen a una mejora del microclima de la cepa y del equilibrio vegeto-productivo,

favoreciendo en ciertas condiciones una mejor coincidencia entre madurez tecnológica y madurez fenólica (aromática). En este contexto, la mecanización de estas intervenciones en verde constituye un reto a considerar y mejorar.

Desde la perspectiva de la problemática del cambio climático, otras actuaciones pretenden, mediante la inducción de un cierto “desequilibrio” entre vegetación y componente productiva, como la poda de invierno (mínima, con elevada carga o tardía), el forzado de yemas o despuntes severos en fechas anteriores al envero (Martínez de Toda, 2019), ampliar la duración del ciclo vegetativo y retrasar la fecha de vendimia, buscando coincidencia con condiciones ambientales favorables a maduración fenólica y aromática, y reduciendo en lo posible la acumulación excesiva de azúcares y la pérdida de acidez. Por el momento, sus resultados abren ciertas incógnitas que han de ir resolviéndose.

En lo que respecta al mantenimiento del suelo, el incremento que se observa a lo largo de los últimos años en la utilización de cubiertas vegetales (Figura 13), implica una consolidación del sistema de viticultura sostenible. Además de sus ventajas de índole agronómico, las cubiertas constituyen un eficaz sumidero de carbono, suponen un asiento de fauna útil, contribuyen a la mejora de calidad y de las propiedades del suelo, favoreciendo así la lucha contra la erosión, aportan un elevado valor paisajístico y de biodiversidad, y permiten una vía de control del rendimiento y del vigor de la cepa. La asociación del riego y del manejo racional de la cubierta vegetal (intensidad, temporalidad y especies utilizadas), resultan actuaciones favorables para evitar problemas, en su caso, de una excesiva limitación de la expresión vegetativa de la cepa (Ibáñez Pascual, 2015).



Figura 13. Viñedo mantenido con cubierta vegetal

En la actualidad y en relación a la vendimia, la metodología para el conocimiento del potencial vitícola del viñedo, y las modernas técnicas de seguimiento del proceso de maduración (métodos multiespectrales) y por tanto de la elección de la fecha de recolección, constituyen la base para plantear una vendimia selectiva.

Desde un punto de vista de lucha fitosanitaria, las alternativas frente al cambio climático y la apuesta por una viticultura más sostenible, pasan por la consideración de la gestión integrada de plagas, que prioriza, frente a la lucha química, el mantenimiento de la fauna útil, la modelización y los sistemas de seguimiento y alerta (umbrales), así como los métodos de lucha naturales y biológicos, es decir, actuaciones que responden a una línea de reducción de los

problemas que se plantean en la viticultura actual.. En cualquier caso, si la lucha química se hace necesaria, ésta ha de ser poco agresiva (disminución del número de tratamientos, conocimiento de la acción de los productos fitosanitarios utilizados, aumento de la eficiencia de su aplicación, alternancia de materias activas...), manteniendo en lo posible el espíritu de la sostenibilidad. Estos planteamientos se recogen adecuadamente en la Guía de Gestión Integrada de Plagas para uva de transformación (Martín Gil *et al.*, 2014).

Como veremos en el siguiente apartado, la obtención de nuevas variedades de uva de vinificación resistentes a las plagas y enfermedades más relevantes mediante mejora genética, representa otra alternativa importante para el control fitosanitario, en el marco que postula una viticultura más sostenible. La mejora genética permite seleccionar además variedades más adaptadas a las nuevas condiciones climáticas de cada región. Sin embargo, estas nuevas variedades suelen chocar con la reticencia del mercado a aceptar nuevas variedades, con cualidades enológicas en muchas ocasiones diferentes.

3.3. Material vegetal

La necesidad de implantar una viticultura sostenible adaptada a las nuevas condiciones climáticas y de mercado, tiene implicaciones muy importantes en cuanto al desarrollo y utilización del material vegetal. En lo relativo a la selección clonal, a la tradicional selección sanitaria y de mejora de la producción, se suma ahora la búsqueda de una mayor adaptación a las nuevas condiciones climáticas, basada en la selección de una mayor duración del ciclo de maduración de la uva, de mayor intensidad de color, de acidez más elevada, o de mayor tolerancia al estrés hídrico, mediante el aumento en la eficiencia en el uso del agua. Estas selecciones han de estar basadas en material recopilado que no procedan de la selección clonal que empezó a dar sus primeros clones a mitad de la década de los años ochenta, y que han sido ampliamente utilizados en plantaciones posteriores. Por otra parte, la selección sólo resulta útil en aquellas variedades con una gran superficie plantada, en la que puede encontrarse suficiente variación somática como base para la misma. El interés que suscita esta selección, y que puede permitir la adaptación al cambio climático de las variedades tradicionales más importantes, ha propiciado la puesta en marcha de bancos de germoplasma de plantas o biotipos de una misma variedad, tanto por parte de instituciones públicas como de viveros y bodegas. Estos bancos permiten mantener la diversidad genética existente en las variedades más importantes como un reservorio de variación para necesidades futuras. Es tal la importancia de este tema que la OIV ha dedicado una resolución (Res. OIV-VITI 564B-2019) a las estrategias de recuperación y conservación de la diversidad intravarietal. En este sentido, otras alternativas para reducir la erosión genética causada por la selección clonal, pasan por el uso de selecciones policlonales, o incluso por la vuelta a la selección masal (de Herralde *et al.*, 2019).

Además de las estrategias de adaptación varietal basadas en la variación genética intravarietal (Figura 14), el cambio climático puede provocar una sustitución varietal paulatina, que quizás se pueda empezar a intuir ya en algunos lugares. Si en los viñedos bordeleses se vaticina una sustitución progresiva de la variedad Merlot por la más rústica Cabernet Sauvignon (van Leuween *et al.*, 2017), cabe pensar que en España una variedad más susceptible a ambientes extremos como Tempranillo, pueda también ser parcialmente sustituida por variedades más tolerantes a las nuevas condiciones climáticas, como las variedades Bobal, Garnacha Tinta, Graciano o Monastrell. En este sentido, resulta interesante observar la evolución de la superficie

dedicada al cultivo de cada variedad. Un análisis de los datos del último Informe del MAPA sobre la Distribución de la superficie plantada de uva de vinificación por variedades (Julio, 2020) y su comparación con los datos de las dos décadas anteriores (Cabello *et al.*, 2011), pone de manifiesto que, en lo que respecta a variedades tintas la disminución continuada en la superficie de viñedo, sigue afectando a variedades tradicionales como Garnacha Tinta, Bobal o Monastrell y, en la última década se ha ralentizado, e incluso empieza a disminuir, la superficie dedicada a la variedad Tempranillo. En este caso, esta reducción no parece verse contrarrestada por el aumento de otras variedades internacionales, como mencionábamos para el período anterior, ya que variedades como Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah o Cabernet Franc, también contienen su crecimiento. Entre las variedades tintas que crecen, solo Garnacha Tintorera, con un claro aumento (50%), y Graciano, más ligeramente, han seguido ampliando su superficie de cultivo a lo largo de la última década. Son las variedades blancas las que mantienen un crecimiento en superficie de cultivo, tanto en lo que se refiere a variedades de calidad tradicionales como Albariño, Verdejo, Viura/Macabeo, Xarello o Moscatel de Grano Menudo, como en algunas variedades internacionales: Chardonnay, Sauvignon Blanc, Viognier o Riesling.



Figura 14. Detalle de un Banco de Germoplasma de diversidad intravarietal

En el contexto de cambio varietal, variedades con arraigo en determinadas zonas pueden constituir una alternativa a considerar de cara al aumento de la diversidad y al cambio climático. Es posible que variedades que hayan podido ser desechadas en otros momentos, presenten características adaptativas que resulten más interesantes para la situación actual y sus probables parentescos con otras variedades de la zona, pueden hacer que contribuyan y resalten la tipicidad regional. En lo relativo a la recuperación de estas variedades, merece la pena mencionar el trabajo pionero en su recuperación y caracterización iniciado por J. C. Sancha y F. Martínez de Toda en La Universidad de La Rioja con el apoyo y colaboración de J. Martínez, T. Vicente y E. García Escudero desde el CIDA (Martínez *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2013; Balda y Martínez de Toda, 2017). A estos trabajos se han unido otros muchos en prácticamente todas las comunidades autónomas, que han culminado recientemente en un amplio proyecto de colaboración coordinado por G. Muñoz Organero desde el IMIDRA, gestor del Banco de Germoplasma de El Encín (Muñoz-Organero *et al.*, 2017).

El Registro de variedades comerciales va aumentando progresivamente el número de variedades inscritas, y algunas empiezan a dejar sentir su peso en las estadísticas. Variedades blancas como Albarín Blanco, Caíño Blanco, Garnacha Blanca, Hondarrabi Zuri, Maturana Blanca, Moll o Pensal

Blanco, Tempranillo Blanco y Treixadura se van haciendo un hueco como alternativas de las más comunes. La situación no es tan evidente entre las variedades tintas, de las cuales sólo cabe considerar los avances observados en variedades como Callet, Maturana Tinta/Castets, Hondarrabi Beltza y de forma más importante, la variedad Tinta de la Pámpana Blanca que, como variante de Tinto Velasco, parece estar sustituyéndolo. Posiblemente estas diferencias se deban más a criterios de mercado de vinos blancos y tintos, que a una mejor adaptación al cambio climático. Cuando estas variedades son adoptadas por las D.O.P, su superficie de cultivo aumenta inicialmente, aunque será finalmente el mercado el que decida si su contribución es asumida y económicamente relevante. El número de D.O.P. ha continuado creciendo durante el siglo XXI, pasando de las 54 que existían en el año 2000 a las 97 que se contemplan en la actualidad, y que además de las denominaciones de origen también incluyen denominaciones de calidad, como Vinos de Calidad, y Vinos de Pago (Figura 4). A ellas hay que sumar 42 indicaciones geográficas protegidas (I.G.P.), que se empiezan a desarrollar a partir de 2003, y que componen un total de 139 zonas vitícolas amparadas por denominaciones en las que se encuadra actualmente el 96% del viñedo español (MAPA, Informe sobre aplicación del régimen de autorizaciones de nuevas plantaciones de viñedo 2020 y potencial vitícola de España a 31 de julio de 2020).

Si el escenario de cambio climático llegase a ser extremo, es posible que la selección de clones más adaptados o incluso el cambio varietal no sean suficientes para la adaptación de la viticultura en algunas zonas geográficas. Por otra parte, la sostenibilidad de la viticultura requiere avanzar hacia una reducción de los tratamientos contra plagas y enfermedades. Como mencionamos anteriormente, una alternativa razonable ante estos retos pasa por la obtención de nuevas variedades, que presenten resistencia estable a las enfermedades y plagas más importantes, y que estén más adaptadas a los efectos del cambio climático. Esta resistencia puede proceder de variantes genéticas de la propia especie *Vitis vinifera*, o en muchos casos de otras especies del género *Vitis*, de origen y distribución americana o asiática, gracias a que la mayor parte de las especies de este género pueden cruzarse entre sí y generar híbridos fértiles (Toepfer *et al.*, 2011).

Los problemas generados por las enfermedades fúngicas y por la plaga de filoxera en Europa en la segunda mitad del siglo XIX, promovieron la generación de híbridos productores directos, que si bien no han llegado a establecerse como variedades de cultivo de uva de calidad, han contribuido como progenitores de líneas de mejora con caracteres de resistencia, a partir de los cuales se han seleccionado variedades resistentes como Regent, Lemberger o Bianca, que se cultivan en algunos países centroeuropeos. En estas últimas décadas, la necesidad de reducir el uso de plaguicidas en Europa, ha aumentado el interés por el desarrollo de variedades resistentes, que además muestren mayor capacidad de adaptación ambiental. Diversos países del entorno europeo, como Alemania, Hungría, Francia y más recientemente Italia, han desarrollado programas de mejora genética con estos objetivos, y nuevas variedades resistentes se están sumando a los catálogos de variedades europeas registradas (de Herralde *et al.*, 2019). En España, también existen iniciativas alrededor de la variedad Monastrell en el IMIDA de Murcia (de Herralde *et al.*, 2019) y de variedades tanto blancas como tintas en el Penedés, en el denominado proyecto VRIAACC. Los programas de mejora genética requieren entre 15 y 20 años para obtener variedades resistentes, y éstas no siempre responden a las características enológicas de las variedades progenitoras. El tiempo necesario para su obtención a partir de

variedades tradicionales y sus nuevas denominaciones varietales, dificultan que puedan entrar en cultivo en un marco de 20 años, así como su introducción en el mercado, lo que desanima a viveristas y productores que podrían estar interesados en su obtención. En cualquier caso, es altamente posible que estas variedades sean necesarias en el futuro y cuanto antes se inicien los trabajos para su desarrollo, antes podrían estar disponibles.

Lo mismo ocurre en el caso de los portainjertos. El 60% de los viñedos españoles utilizan 110R como portainjerto desde hace décadas (Marín *et al.*, 201). Sin embargo, el papel del portainjerto en el rendimiento y en el vigor de la variedad, en la duración del ciclo reproductivo y en las características cualitativas de la uva, así como su adaptación a la sequía o su capacidad selectiva de absorción de elementos minerales (en especial potasio), son cuestiones muy a tener en cuenta en la viticultura actual y hacen cada vez más necesaria la selección de nuevos portainjertos, ajustados a los nuevos retos de la viticultura. De igual manera, su resistencia a nematodos y otros patógenos del suelo pueden ser características relevantes a considerar en estos programas de mejora. A pesar de ello, la mejora de portainjertos está restringida a muy pocos laboratorios en el mundo y la demanda de estos materiales es de momento escasa. Un ejemplo es el caso de España, donde una vez resuelto el problema de la filoxera, el número de portainjertos utilizados se ha ido reduciendo progresivamente. Sin embargo, la mejora de portainjertos debe ser un objetivo de interés en los próximos años.

3.4. El sector vitivinícola

Los distintos componentes del sector vitivinícola actual han alcanzado un grado de especialización y de profesionalización indiscutible y mantienen un elevado nivel de competitividad nacional e internacional. En un sector aparentemente tan tradicional como es el del vino, y que genera un alto valor añadido, muchos viticultores han pasado de la producción de uva a la elaboración de vino como forma de conseguir mayor valor para sus productos, con estrategias vitivinícolas de producción y venta tan diversas, como diversos son los propios productos. Por otra parte, cabe reseñar que tanto productores como bodegas permanecen abiertos a las posibilidades de innovación que proporciona el constante avance de la investigación en áreas tan diferentes del conocimiento como la biología o la informática, y que en definitiva han de permitir el seguir ofreciendo un producto tradicional.

Es importante señalar que la riqueza producida por una generación de productores y enólogos, que cambió el perfil de la viticultura española, está permitiendo en los últimos años que se produzca un relevo generacional, con una juventud interesada y más preparada que contribuye ya a la innovación y diversidad del sector, con la creación de nuevas bodegas y nuevos productos, manteniendo e incrementando su competitividad.

4. Consideraciones finales

La comparación de la viticultura actual con la que se practicaba hace apenas medio siglo, resulta muy ilustrativa. En consonancia con los cambios políticos y económicos del país, la viticultura ha pasado por una evolución muy sustancial, prácticamente en cualquier parámetro en que nos queramos centrar. Sin duda, el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías, fruto de la investigación en diferentes campos, han sido el origen de una fuerte tecnificación de la mayor

parte de los procesos, pero también lo ha sido la formación científica y técnica, a través de programas universitarios y de formación profesional, de los nuevos responsables del viñedo y de la bodega, que en su trabajo cada vez están más abiertos a nuevas innovaciones tecnológicas, que generan información de gran utilidad en la toma de decisiones. Podríamos decir que un manto de tradición cubre la ebullición de la innovación en el sector. El desarrollo de la biología y de la ecología permite conocer el comportamiento del viñedo en su ambiente, su biodiversidad y las interacciones dentro del sistema agroecológico, y del lado de la vid entender, conservar y seleccionar la variación que puede ser más útil en cada momento. A lo largo de este siglo es posible que la biología aporte innovaciones que hasta ahora han venido más bien del avance de la física y de la química.

En un ámbito tan regulado como el de la vitivinicultura y en un mercado del vino completamente globalizado, no se puede desdeñar el papel que la legislación y la política nacional e internacional acaban teniendo en el sector. Las sucesivas leyes de la viña y del vino han marcado la producción y la calidad, y han regulado también la creación de las denominaciones de calidad, haciéndolas más accesibles a los mercados. Sin duda alguna, la entrada en la Unión Europea tuvo un efecto dinamizador de la viticultura, ha generado mercados selectivos para estos vinos y ha propiciado su diversificación buscando la diferenciación y competitividad por diferentes vías, variando así las distintas estrategias de la viticultura. Por otra parte, también vemos como la política internacional extracomunitaria afecta rápidamente a los mercados y puede tener consecuencias en la viticultura de distintos países. De esta manera, cuestiones políticas, legales y también tecnológicas, determinan en distinta medida la evolución de la viticultura junto a los mercados a través de los consumidores y la competencia entre zonas productoras.

El siglo XXI posiblemente depare cambios tan importantes como estos de los que hemos sido testigos en los últimos cincuenta años. Al margen de que seguirán existiendo muchos modelos de viticultura, las tecnologías de sensores y comunicación posiblemente lleguen a estar al alcance de todo el mundo y contribuyan de manera importante en la toma de decisiones a todos los niveles. Por otra parte, puede ser el siglo en que los cambios en el material vegetal, que siempre se han producido, tengan lugar con mayor frecuencia, al menos para algunos tipos de viticultura. Esperemos que los que echen la vista atrás dentro de cincuenta años para ver la evolución de la viticultura, puedan sorprenderse tan favorablemente como lo hemos hecho nosotros.

Agradecimientos

Los autores agradecen la revisión crítica y los comentarios de José Félix Cibrián Sabalza del EVENA (Olite, Navarra) y Javier Ibáñez Marcos del ICVV (Logroño, La Rioja).

Bibliografía

Azcárate Luxan, I. (1996). La filoxera. En Plagas agrícolas y forestales en España en los siglos XVIII y XIX (pp. 193-280). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Madrid.

- Baeza Trujillo, P. (2017). Guía de Campo de Viticultura. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Editorial Agrícola, Madrid.
- Balda, P.; Martínez de Toda, F. (2017). Variedades minoritarias de vid en La Rioja. Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja, Logroño.
- Barco, E. (2018). Análisis de un sector: Rioja 4.0. Gobierno de La Rioja, Logroño.
- Cabello, F.; Ortiz Marcide, J. M.; Muñoz-Organero, G.; Rodríguez Torres, I.; Benito Barba, A.; Rubio de Miguel, C.; García Muñoz, S.; Sáiz Sáiz, R. (2011). Variedades de vid en España. Editorial Agrícola Española, Madrid.
- De Herralde, F.; Martínez Zapater, J. M.; Santesteban, G. (2019). Los recursos genéticos en viticultura ante el cambio global. *Enoviticultura* 59, Número especial.
- Fontaine, M. C. ; Labbé, F. ; Dussert, Y. ; Delière, L. ; Richart-Cervera, S. ; Giraud, T. ; Delmotte, F. (2021). Europe as a bridgehead in the worldwide invasion history of grapevine downy mildew, *Plasmopara viticola*. *Current Biology*, 31: 1-12.
- García de los Salmones, N. (1914). En: Memoria general de las sesiones del congreso y ponencias presentadas (pp. 512-522). Congreso Nacional de Viticultura. Imprenta Provincial, Pamplona.
- García-Escudero, E. (2008). Viticultura Sostenible. Congreso, Vino, Lengua y Tradición. Universidad de Valladolid (pp. 271-89). Presentación Oral. Soria 2-5 abril.
- García-Escudero, E. (2018). Consideraciones sobre el cambio climático y la viticultura. *Vida Rural* 449: 38-44.
- Hidalgo, L. (1993). Tratado de Viticultura. Mundi-Prensa, Madrid.
- Ibáñez, J.; de Andrés, M. T.; Molino, A.; Borrego, J. (2003). Genetic study of key Spanish grapevine varieties using microsatellite analysis. *American Journal of Enology and Viticulture* 54: 22–30.
- Ibáñez, J.; Carreño, J.; Yuste, J.; Martínez-Zapater, J. M. (2015). Grapevine breeding and clonal selection programs in Spain. En: A. Reynolds (Ed.). *Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry* (pp. 183-206). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- Ibáñez Pascual, S. (2015). Mantenimiento del suelo en el viñedo mediante cubiertas vegetales. Gobierno de La Rioja, Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Logroño.
- Larrea Redondo, A. (1950). Vides americanas portainjertos. Ministerio de Agricultura. Servicio de Capacitación y Propaganda. Madrid
- Levadoux, L. (1956). Les populations sauvages et cultivées de *Vitis vinifera* L. *Annales d'Amélioration des Plantes* 1: 59-118.
- Martín Gil, A.; Ramos Sáez de Ojer, J. L.; Rodríguez Pérez, M. (2014). Guía de gestión integrada de plagas. Uva de transformación. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

3. Cultivos

- Martínez, J.; Rubio Bretón, P.; Chávarri Mardones, J. B.; Baroja Hernández, E.; García-Escudero Domínguez, E. (2013). Variedades minoritarias tintas en la DOCa Rioja: evaluación experimental (2005-2011). Cuaderno de Campo 51: 34-39.
- Martínez García, J.; Vicente, T.; Chávarri, J.B.; Rubio Bretón, P.; Ojeda García, S. (2009). Variedades de vid minoritarias blancas de la DOCa Rioja. La Semana vitivinícola 3274: 1990-1998.
- Martínez de Toda, F. (2019). Técnicas vitícolas frente al cambio climático. Mundi-Prensa, Madrid.
- Muñoz Organero, G *et al.* (2017). La enorme diversidad varietal de vid en España, en proceso de descubrimiento. *Acenología*, 160.
- Piqueras Haba, J. (2005). La filoxera en España y su difusión espacial: 1878-1926. Cuadernos de Geografía, 77: 101-136.
- Piqueras Haba, J. (2010). El oidium en España: la primera gran plaga americana del viñedo. Difusión y consecuencias 1850-1870. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, 10 de agosto de 2010, vol. XIV, 332.
- Sancha, J. C. (2018). Reflexiones sobre la evolución de la viticultura en los últimos treinta años. Tierras de Castilla y León: Agricultura 267: 122-130.
- Sotés, V. (2004). El sector de la viticultura en la última década y condicionantes futuros. Vida Rural 200: 176-181.
- Simón de Roxas Clemente y Rubio. (1807). Ensayo sobre las variedades de vid común que vegetan en Andalucía. Imprenta de Villalpando, Madrid.
- Thomas, M. R.; Scott, N. S. (1993). Microsatellite repeats in grapevine reveal DNA polymorphisms when analyzed as sequenced-tagged sites (STSs). *Theoretical and Applied Genetics* 86: 985-990
- Toepfer, R.; Hausmann, L.; y Eibach, R. (2011). Molecular Breeding. En: A.F.; Adam-Blondon, Martínez Zapater, J. M.; Kole, C. (eds.) *Genetics, Genomics and Breeding of Grapes*. CRC Press.
- van Leeuwen, C.; Agnès Destrac-Irvine, A. (2017). Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. *OENO One* 51: 147-154.
- Vicente, T.; González, J. M.; Martínez, J.; Martínez T. (1995). Selección clonal-sanitaria de las viníferas de Rioja: Tempranillo, Graciano, Garnacha Tinta y Mazuelo. *Monográfico Zubía* 7: 41-52.
- Wolfe, W. H. (1976). Identification of grape varieties by isozyme banding patterns. *American Journal of Enology and Viticulture* 27: 68-73.

3.11. El olivar en un tiempo de cambio

Luis Rallo^{1*}, Diego Barranco¹, Concepción M. Díez¹, Pilar Rallo²

* ag1ralro@uco.es

¹*Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba*

²*Departamento de Agronomía, Universidad de Sevilla*

Índice

1. Del olivar tradicional al olivar en seto
2. Los recursos genéticos
 - 2.1. La Red de Bancos del Consejo Oleícola Internacional (COI)
 - 2.1.1. El Banco Mundial de Germoplasma de Olivo de Córdoba (BGMO)
 - 2.1.2. Evaluación de la variabilidad agronómica y oleotécnica
 - 2.1.3. El Proyecto THOC (True Healthy Olive Cultivars) y la Certificación de Planta de Olivo
 - 2.2. Obtención de nuevas variedades
 - 2.3. El papel de la Biotecnología
3. De la propagación en terreno de asiento al desarrollo de los viveros
 - 3.1. Principales variedades en las nuevas plantaciones
4. Simplificación y mecanización de la poda
5. Manejo anual del cultivo
 - 5.1. Riego deficitario
 - 5.2. Fertilización racional
 - 5.3. Laboreo de conservación y agricultura de precisión
 - 5.4. Hacia los sistemas de producción integrada
6. Hacia la recolección mecánica integral
7. Del aceite de oliva como producto saludable y de calidad
8. De la aceituna de mesa
9. Rentabilidad de las explotaciones
10. Conclusión: el olivar en una época de cambio

Resumen

El olivar se encuentra en un tiempo de cambio. Las transformaciones económicas, sociales y tecnológicas representadas por el cambio global han afectado diferencialmente a los distintos sistemas agrícolas del mundo. El olivo está fundamentalmente localizado en la Cuenca Mediterránea, una región caracterizada por sus milenarias culturas y situada en una encrucijada entre los mundos desarrollado y en desarrollo. En la actualidad el cultivo del olivo se está

progresivamente transformando. Los tradicionales olivares de secano recogidos manualmente están cediendo ante el avance de las nuevas plantaciones en riego y diseñadas para su recolección mecanizada.

Este artículo focaliza los cambios del olivar en los últimos cincuenta años en España y contrasta las prácticas empíricas tradicionales con las nuevas técnicas emergentes. Finalmente, reflexiona sobre el papel desempeñado por el Sistema de I+D+I oleícola en esta transformación.

1. Del olivar tradicional al olivar en seto

Varías características han conformado al olivar tradicional (Figura 1). El olivo está muy bien adaptado al clima mediterráneo, caracterizado por una prolongada sequía estival, una irregular pluviometría durante el resto del año y un invierno relativamente frío. El cultivo en secano ha sido la norma en la mayoría de estas plantaciones. Los olivares tradicionales han estado constituidos por árboles longevos, de notable tamaño, distanciados entre sí y cultivados en piedemonte en la mayoría de los casos. Su monocultivo ha sido y es habitual en muchas zonas. Las técnicas de cultivo se han basado generalmente en un empirismo local multiseccular. En consecuencia, la productividad por hectárea ha sido baja y la creciente demanda histórica de aceite de oliva y de aceitunas de mesa ha sido atendida mediante el aumento de la superficie plantada. De este modo, los sucesivos olivares se plantaron en los suelos disponibles, progresivamente más pobres y frágiles. Finalmente, la recolección, que es aún manual en muchas plantaciones, ha representado y aún hoy supone la mayor demanda anual de mano de obra en numerosos distritos olivareros, siendo por tanto la fuente de trabajo fundamental para sus gentes durante los 2-3 meses que dura la recolección. Después de la Segunda Guerra Mundial el cultivo del olivo inicia un profundo cambio en el Norte del Mediterráneo y en nuevas áreas olivareras del Mundo.

En España, la emigración rural a las urbes a partir de mitad de la década de los 50 del siglo pasado requería olivares productivos, mecanizados y más exigentes en capital. En torno a 1970, la baja productividad de los olivares y la competencia con otros aceites vegetales procedentes de cultivos anuales, cuyos costes de producción y precio de mercado eran mucho menores, desencadenaron una profunda crisis en el sector oleícola. El programa experimental de Reconversión y Mejora Productiva del Olivar PRMPO (1973-86) sentó las bases una nueva olivicultura basada en la mecanización de la recolección y en el aumento de la productividad y de la precocidad de entrada en producción.

La entrada de España en la UE en 1986 y una OCM que primaba la productividad desencadenaron la expansión acelerada del riego por goteo y mayores densidades de plantación, buscando un incremento rápido de la productividad para una olivicultura exigente en capital. En 1993, por iniciativa de Agromillora (un vivero productor de olivos) nace el olivar en seto cosechado con vendimiadoras cabalgadoras. Intuición y ambición impulsan este nuevo sistema de muy alta densidad (> 600 ha árboles en secano y >1.500 árboles ha en riego), de copa continua estrecha (<1,5m) y de altura limitada (2,8- 3m), con más del 20% de porosidad a la radiación solar. Este nuevo olivar, popularizado como superintensivo, es de muy alta y precoz productividad, cosechable en continuo a bajo coste. Inicialmente se basó en la variedad

‘Arbequina’ de muy precoz entrada en producción y que podía ser cosechada con vendimiadora cabalgadora (Figura 3). Pronto se hace evidente la necesidad de nuevas variedades.

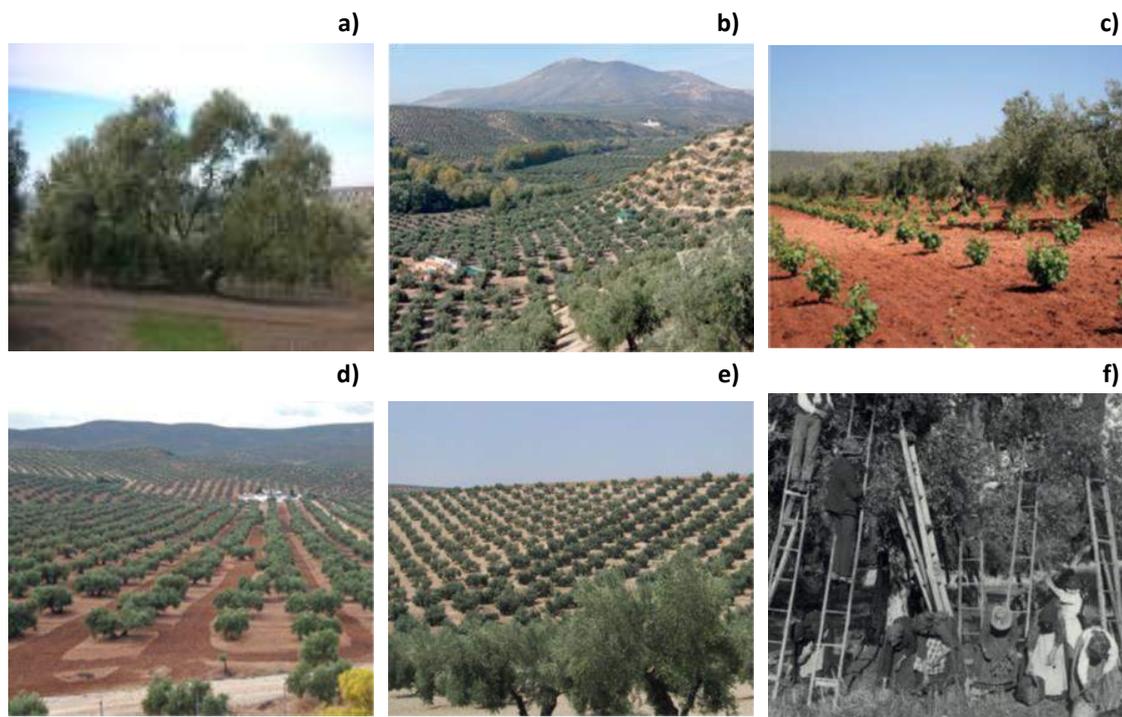


Figura 1. La diversidad del paisaje olivarero tradicional es infinita. Un ramillete de casos lo ilustran. Olivo centenario (a), olivar en pendiente (b), asociación olivar y viñedo (c) olivar en campiña (d), olivar en secano y riego (e), y recolección manual (f). Imagen 1f cortesía de los herederos de Antonio Cezar d’Abrunhoza, Portugal (1930)

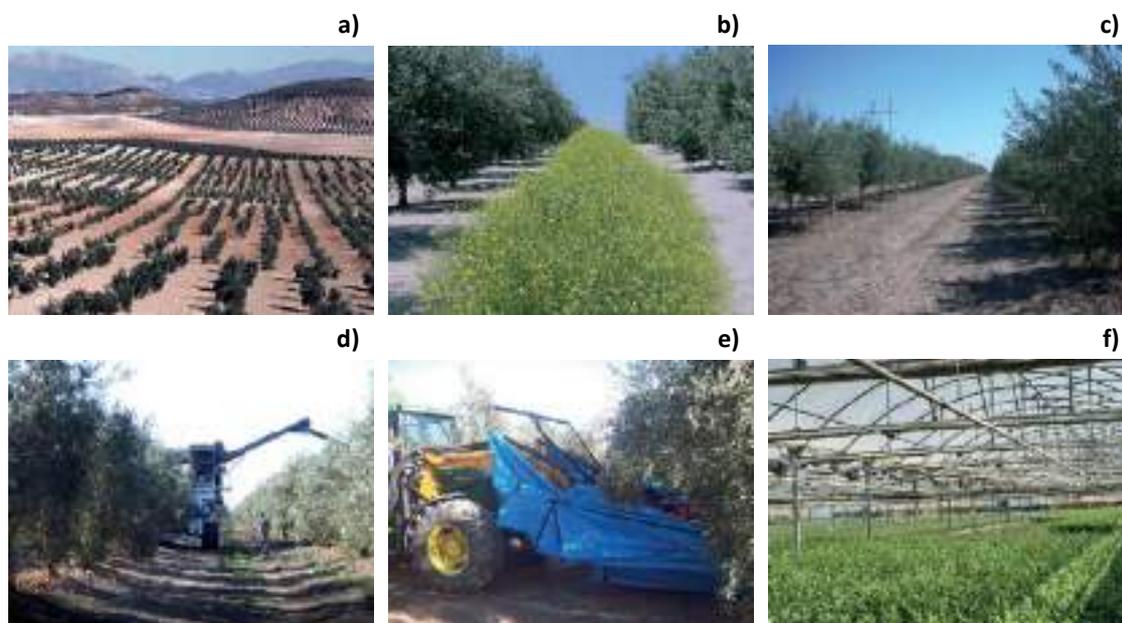


Figura 2. El Plan de Reconversión y Mejora Productiva del Olivar (PRMPO, 1973-1986) sienta las bases experimentales de la nueva olivicultura. Ensayos de densidades (a), ensayo de densidades en Mancha Real, Pastor *et al.*, 1993) promueven nuevas plantaciones de mayor densidad en secano (b) y en riego intensivo (c) y de alta densidad (d), compatibles con la recolección mecánica (e). Se inicia además una potente industria de viveros (f)

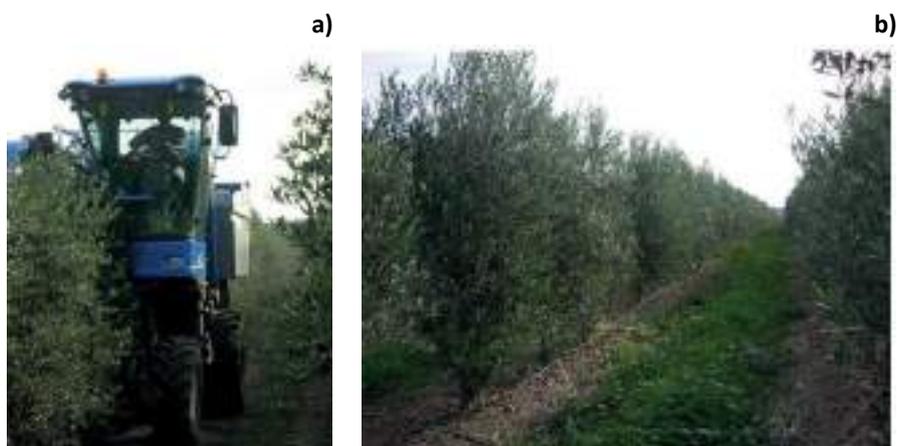


Figura 3. La recolección mecánica del olivo en continuo con vendimiadoras cabalgantes (a) y la adaptación casual de la variedad 'Arbequina' iniciaron el desarrollo de las primeras plantaciones de olivar superintensivo (b)

La evolución de la superficie del olivar y de las producciones de aceite de oliva y aceituna de mesa desde 1970 hasta 1986 (PRMPO); desde 1986 (ingreso de España en la UE) hasta 2000 (expansión del olivar intensivo y de alta densidad); desde 2000 hasta 2010 (expansión inicial del seto estrecho) y desde 2010 (experimentación general y expansión progresiva de los nuevos sistemas de plantación) (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie de olivar y producción de aceite de oliva, aceituna de mesa en España en 1969/70,1985/86,1999/2000,2009/10 y 2019/201

Año	Superficie (ha x 1.000)			Producción (t x 1.000)	
	Almazara	Mesa	Total	Aceite	Aceituna
1969/70	2.235	122	2.537	434	86
1985/86	1.840	143	1.903	466	289
1999/2000	2.057	174	2.231	955	331
2009/10	2.309	166	2.475	1.395	584
2019/20	2.620	114	2.734	1.120	460

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

La Tabla 2 recoge las características de las tres tipologías de olivar más importantes en España (tradicional, intensivo y superintensivo) tanto en secano como en riego.

La Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de los Cultivos en España (ESYRCE 2019) (MAPA,2020) proporciona una aproximación cuantitativa a la variación del olivar en España en los últimos 50 años. De las 2.584.645 ha en plantación comercial en 2019, se han contabilizado 167.625 ha (6,5%) de plantaciones de 0 a 4 años, 140.752 ha (5,4%) de 5 a 11años, 904.430 ha de 12 a 49 años (35 %), 1.339.327 ha de más de 50 años (51,8%) y 1.333 ha sin especificar la edad, es decir en los últimos 50 años se ha renovado el 47% (1.212.847 ha) de las plantaciones comerciales de las cuales el 167.625 ha (11%) en los últimos 11 años. En la actualidad, solo 1.289.789 ha son plantaciones con menos de 140 árboles/ha., cifra que correspondería, aproximadamente, al olivar tradicional de más de 50 años.

Una revisión de los sistemas de plantación (Navarro *et al.* 2017) recoge las modificaciones en la concepción, estructura varietal, mecanización y manejo del olivar en esta época de cambio. En suma, desde 1970 asistimos a un proceso intenso de renovación del olivar que continua en la actualidad.

Tabla 2. Tipologías de olivares

Variable	Tradicional		Intensivo		Superintensivo	
	Secano (TS)	Riego (TR)	Secano (IS)	Riego (IR)	Secano (SIS)	Riego (SIR)
Variedades	Diversas y locales			Pocas de productividad precoz y alta		
Densidad (olivos/ha)	17-300 ²	70-120	150-250	200-400	600-1.000	>1.500
Volumen (10³ m³/ ha)	6-9	11-13	8-10	12-15	4-6	6-7
Formación/ troncos	Variable y vaso (1-4)		Vaso (1)		Seto estrecho (1)	Seto estrecho (1)
Años hasta plena producción	10-15	8-10	6-8	5-7	4-5	3-4
Productividad plena producción (t /ha)	1-5	5-10	4-6	8-10	4-6	>10
Años de producción	>100	>100	>40	>40	>20	>20
Calidad del aceite	Irregular and DOP ^y		Alta Calidad		Alta Calidad	
Recolección	Manual, vareo, vibradoras, suelos		Vibradoras tronco y estructuras de acopio		Cosechadora continua	

²TS = Tradicional Secano, TI=Tradicional Riego, IS = Intensivo Secano, IR = Intensivo Riego, SIS=Superintensivo Secano, SIR=Superintensivo Riego. ² Según Pluviometría (200-800mm) y DOP (Denominación de Origen Protegida)

3. Cultivos

Los cambios acumulados desde entonces han originado una nueva olivicultura. Los nuevos olivares son de entrada en producción más precoz, de longevidad menor, de mayor densidad y con árboles menores y más adaptados a la recolección mecánica. Se han implementado Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para limitar la erosión del suelo, la contaminación ambiental y, al tiempo, mejorar la calidad de las producciones. Por otro lado, el cultivo anual se ha simplificado y mecanizado, en particular la recolección y la poda, las dos labores más exigentes en mano de obra. También la productividad ha aumentado de la mano del riego y de mayores densidades de plantación (Figura 2). La selección empírica local de individuos sobresalientes que se han propagado vegetativamente, es decir que se clonaron, originaron las numerosas variedades tradicionales, hoy día remplazadas por las escasas variedades multiplicadas por los viveros comerciales. Al mismo tiempo se inicia por primera vez la mejora genética sistemática. Finalmente, el aceite de oliva y la aceituna de mesa se acreditan progresivamente como alimentos saludables y su consumo mundial se expande gradualmente.

Este cambio es además cuantitativo, con un aumento incesante de las plantaciones de altas densidad y productividad en regadío y también, en menor medida, en secano. Afecta sobre todo al olivar para aceite, aunque en los últimos años se está iniciando también en el olivar de mesa. Así las plantaciones intensivas (141 a 400 olivos/ha) representan el 88 %, las de alta densidad y las de olivar en seto estrecho (superintensivo) el 12 % de las plantaciones transformadas hasta 2019. En la actualidad se asiste a una gran expansión de este olivar en nuevas zonas de menor pendiente que amenazan el futuro del olivar tradicional.

2. Los recursos genéticos

La diversidad varietal ha sido una pauta común de los países olivareros tradicionales. La mayoría de las variedades son muy antiguas y se cultivan alrededor de las zonas donde probablemente fueron seleccionadas empíricamente. Las variedades se han propagado usualmente por estacas de ramos, retoños aislados de la planta madre o zuecas. No obstante, se ha empleado el sobre injerto de árboles adultos en caso de reconversión, tanto

en acebuchales como en olivares de variedades de difícil propagación por estaquillado o que han perdido interés.

En los Bancos de Germoplasma se conservan habitualmente, como colecciones de plantas vivas, las variedades seleccionadas y cultivadas en un marco geográfico definido. Dos problemas generales de los bancos son: 1) insuficiente representatividad de las variedades del ámbito correspondiente, y 2) la confusión entre las denominaciones varietales, con numerosas sinonimias, homonimias y denominaciones erróneas. Es preciso, por tanto, prospectar adecuadamente la geografía oleícola representada y utilizar un protocolo de identificación varietal consistente. La exhaustiva base de datos de Bartolini y colaboradores, actualizada permanentemente por el Ivalsa (Florenca) (<http://www.oleadb.it>) evidencia la confusión entre denominaciones y nombres autenticados de las variedades.

2.1. La Red de Bancos del Consejo Oleícola Internacional (COI)

En la actualidad un total de 23 Bancos de Germoplasma conservan más de 1.800 entradas en 3 bancos internacionales (Córdoba, España; Marrakech, Marruecos; y Esmirna, Turquía) y 20

nacionales (Albania, Argelia, Argentina, Chipre, Croacia, Egipto, Eslovenia, Francia, Grecia, Irán, Israel, Italia, Jordania, Líbano, Libia, Montenegro, Estado de Palestina, Portugal, Túnez y Uruguay) (Figura 4). También el Banco de Siria pertenece a la Red, aunque hoy día no está activo a causa de la situación del país. Próximamente se añadirá Georgia, nuevo miembro del COI, y los países que en lo sucesivo se sumen al Consejo. La Red de Bancos de Germoplasma de Olivo del COI representa la estructura coordinada de recursos genéticos de mayor dimensión en el mundo.

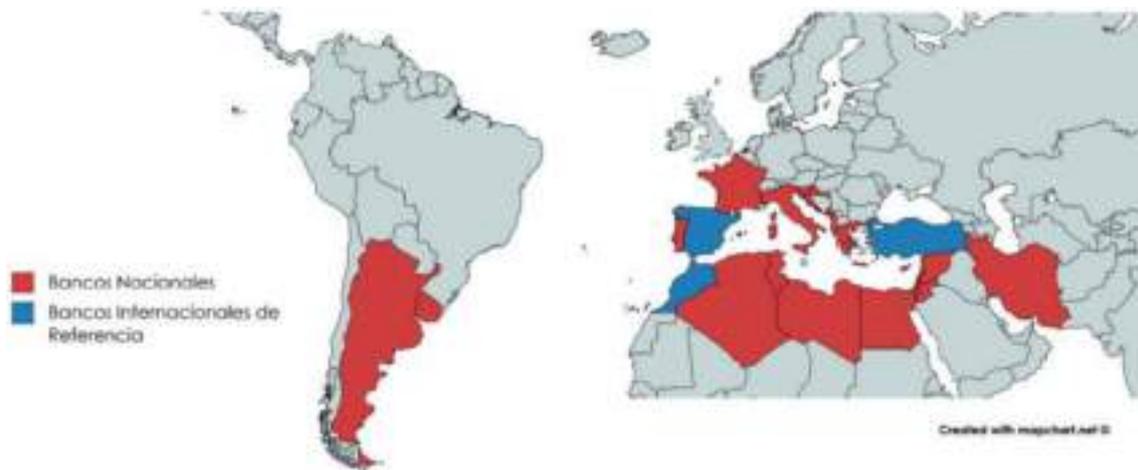


Figura 4. La conservación de las variedades de olivo en 23 Bancos de Germoplasma de la Red COI garantiza la conservación de la diversidad de 6.000 años de selección empírica y cultivo. Estos recursos representan los potenciales genitores de las futuras variedades. En la actualidad tres de los Bancos de la Red son Internacionales (Córdoba (España), Marrakech (Marruecos) y Esmirna (Turquía)) y conservan las variedades de la Red en tres áreas geográficas diferenciadas de los países mediterráneos

2.1.1. El Banco Mundial de Germoplasma de Olivo de Córdoba (BGMO)

El Banco de Germoplasma Mundial de Olivo (BGMO) de Córdoba es el principal Banco de Referencia de la Red COI. Establecido inicialmente en 1970 en la finca Alameda del Obispo (sede entonces del actual Centro del IFAPA y de la naciente ETSIA) por un acuerdo entre la FAO y el INIA. Desde sus comienzos ha sido un ejemplo permanente de colaboración institucional entre el actual Ifapa y la Universidad de Córdoba que se ha extendido al IAS-CSIC y a otras instituciones de investigación (Barranco y Rallo, 1984; Barranco *et al.*, 2005; Belaj *et al.*, 2004; Belaj *et al.* 2018, 2020; Caballero *et al.*, 2006; De la Rosa *et al.*, 2002; Trujillo *et al.*, 2005,2014).

La Tabla 3 sintetiza la cronología de este prolongado proceso de colaboración que ha conducido al liderazgo de la I+D+I de nuestro país en este ámbito. Un caso excepcional de sinergia institucional. En la actualidad las colecciones de Alameda del Obispo (IFAPA) y de Rabanales (UCO), esta última en suelo exento de *Verticillium dahliae* y de *Xylella fastidiosa* (Figuras 5a y b), albergan más de 1.100 accesiones procedentes de 30 países.

Los trabajos autenticación siguen los pasos indicados para las accesiones que se incorporan al Banco (Figuras 5 d y e) que están en avanzado estado de identificación y autenticación, utilizando SSRs (Rallo *et al.*, 2000) y SNPs-SSRs (Belaj *et al.*, 2018) para el genotipado complementados con caracteres morfológicos del endocarpo para la identificación varietal (UPOV).

3. Cultivos

Cuenta también con un repositorio en aislamiento que permite la conservación de las variedades autorizadas en España para su propagación comercial, todas ellas autenticadas y exentas de los patógenos recogidos en la legislación de certificación de planta de vivero. Finalmente, dispone de laboratorios de diagnóstico de patógenos y de abrigos de cuarentena. Desde 2008 distribuye ininterrumpidamente material inicial de las variedades solicitadas por los viveros certificadores de Andalucía y, posteriormente, también de España. Este servicio se lleva a cabo por encomienda de gestión de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía y del MAPA.

Desde 2014 el BGMO de Córdoba es Banco Internacional de Referencia de la Red Bancos de Germoplasma coordinada por el Consejo Oleícola Internacional mediante un convenio entre el COI, la CAPDR, La UCO y el IFAPA vigente hasta 2024. Es el Banco con mayor número de accesiones que están además en avanzado estado de identificación y autenticación.

Tabla 3. Cronología de los avances en Conservación y Uso Sostenible de Recursos Genéticos de Olivo en España de 1970 a 2020. Convenios UCO-IFAPA

Periodo/Año	Acciones	Resultados
1970/ 1984	<p>Creación Banco de Germoplasma Mundial (BGMO) (1970)</p> <p>Propagación y Conservación Intercambio Prospección y Catalogación Andalucía Evaluación Agronómica y Oleotécnica</p>	<p>Formación investigadores Catálogo Andalucía (1984) Índice Denominaciones Primeras publicaciones revistas científicas</p>
1985/2005	<p>Ampliación BGMO I. Marcadores moleculares</p> <p>Prospección y Catalogación España Intercambio Evaluación agronómica y oleotécnica</p>	<p>Formación Investigadores Catálogo España (2005) Catálogo Cataluña (1999) Catálogo Valencia (1999) Genotipado Índices denominaciones Aumento publicaciones SCI</p>
2006-2020	<p>Ampliación BGMO II.</p> <p>Ampliación Alameda del Obispo Repositorio Aislamiento Colección Rabanales Proyectos Internacionales Genómica</p>	<p>Formación investigadores Banco Internacional Red COI Proyecto Internacionales Certificación planta de vivero Liderazgo publicaciones SCI</p>

2.1.2. Evaluación de la variabilidad agronómica y oleotécnica

La variabilidad fenotípica de los caracteres de interés agronómico en colecciones y ensayos proporciona información de utilidad para el olivarero y el mejorador. El establecimiento de redes de colecciones y ensayos varietales ha sido excepcional en el olivar hasta fechas recientes, en España hasta el PRMPO (1973). Tous *et al.* (2005) recogen la información sobre Variabilidad y Selección generada en diferentes Bancos de Germoplasma (Córdoba, Reus (Tarragona) y Llíria (Valencia) y en algunos ensayos comparativos. La Tabla 4 resume la información de las características agronómicas y oletotécnicas evaluadas en el Libro II de **Las Variedades de Olivo en España (2005)**.

Desde esta publicación han aumentado considerablemente los trabajos de evaluación agronómica y oletotécnica en todos los países oleícolas. El IFAPA participa en el proyecto de la

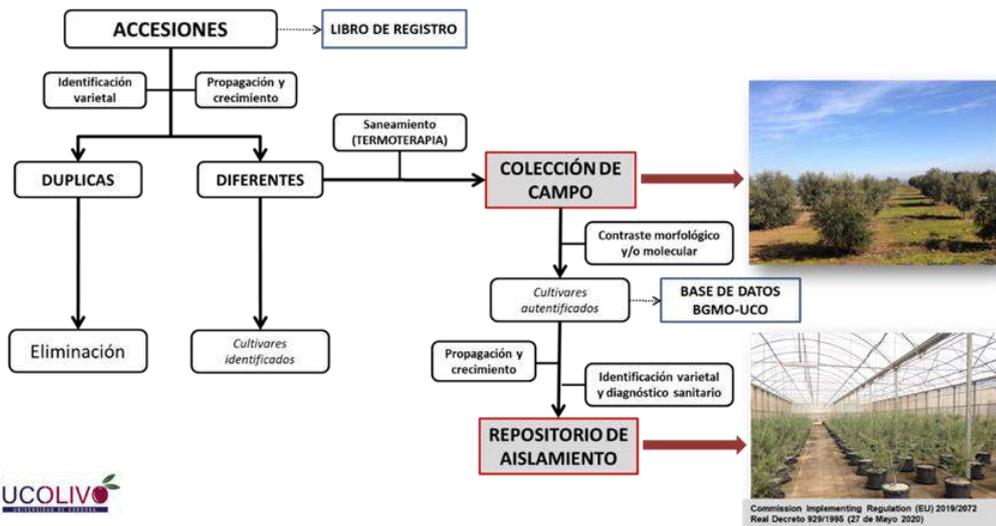
UE Before desde el 2013 y la UCO lidera y coordina el reciente proyecto UE Gen4Olive desde 2021. En ambos se aborda el fenotipado de numerosas características de interés.



a)

b)

PASOS PARA LA INTRODUCCIÓN DE MATERIAL VEGETAL EN EL BGMO-UCO



c)

d)

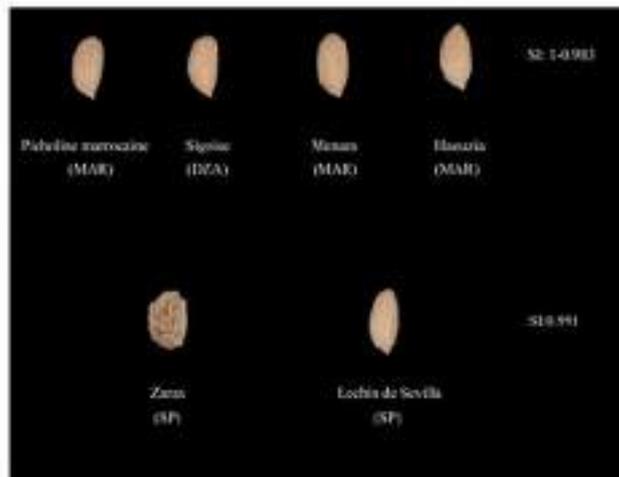
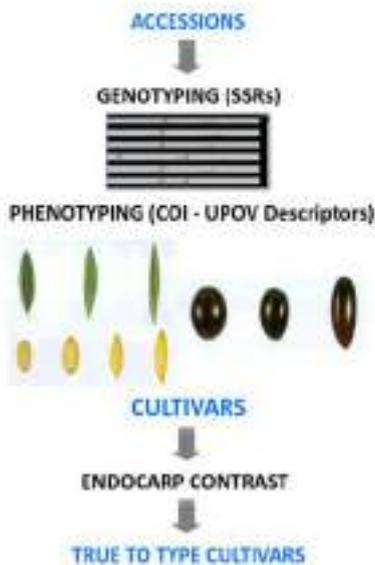


Figura 5. El Banco de Germoplasma Mundial de Olivo de Córdoba es un Banco Internacional de Referencia de la RED COI. a) Colección IFAPA en Alameda del Obispo, b) Colección UCO en Rabanales, c) Repositorio en aislamiento UCO en Rabanales; d) Introducción de accesiones, e) Autentificación varietal

Tabla 4. Características agronómicas y oleotécnicas evaluadas en Las Variedades de Olivo en España (2005)

Características	Localización	Autores
Vigor	Córdoba, Reus	Del Rio <i>et al.</i> , Tous <i>et al.</i>
Producción	Córdoba, Reus	Del Rio <i>et al.</i> , Tous <i>et al.</i>
Enraizamiento Estaquillas	Córdoba	Del Río y Caballero.
Épocas de Floración y Maduración	Córdoba	Barranco y Rallo
Producción y Viabilidad del Polen	Reus	Rovira y Tous
Incompatibilidad Polen Pistilo	Córdoba	Cuevas
Fructificación	Córdoba	Ramírez Santa Pau y Rallo
Tolerancia/Sensibilidad Clorosis Férrica	Córdoba	Alcántara <i>et al.</i>
Resistencia/Susceptibilidad Repilo	Córdoba	Blanco y López Escudero
Resistencia/Susceptibilidad Tuberculosis	Córdoba	Peñalver <i>et al.</i>
Rendimiento Graso Aceituna	Córdoba, Reus	Del Rio <i>et al.</i> , Tous y Romero
Composición del Aceite	Reus, Córdoba	Tous <i>et al.</i> , Uceda <i>et al.</i>
Caracterización Sensorial	Reus, Mengíbar	Tous <i>et al.</i> Uceda y Aguilera
Ensayos comparativos Variedades	Andalucía (4) Cataluña (5)	Caballero <i>et al.</i> , Tous <i>et al.</i>

2.1.3. El Proyecto THOC (True Healthy Olive Cultivars) y la Certificación de Planta de Olivo

La expansión universal de la Verticilosis, causada por el hongo *Verticillium dahliae*, su presencia en España desde la década de 1980 (Blanco-López *et al.*, 1984) y la irrupción de la seca de ramos originada por *Xylella fastidiosa* en Puglia en 2013 (Saponari *et al.*, 2013) ha suscitado **la necesidad de establecer programas de certificación** para limitar la difusión de estas graves enfermedades (Figura 6). En la actualidad se dispone de métodos de diagnóstico sintomatológicos y moleculares para garantizar la ausencia de los anteriores patógenos, de *Pseudomonas savastanoi* PV. *savastanoi*, causante de la tuberculosis y de los cuatro virus (*Cucumber mosaic virus (CMV)*; *Cherry leaf roll virus (CLR)*; *Strawberry latent ringspot virus (SLRSV)*; *Arabid mosaic virus (ArMV)* requeridos por la legislación de la Unión Europea para la certificación de plantas de olivo.

En 2016 el COI acordó impulsar el intercambio de planta autenticada y sana en su Red de Bancos. En 2018 se inició el proyecto de transferencia THOC (acrónimo en inglés de planta autenticada y sana de variedades de olivo) para impulsar internacionalmente la certificación de planta de vivero autenticada y sana (Regulación 2016/2031 (EU), Implementing Regulation 2019/2072; EPPO Standard PM 4/17)

Para 2023 el COI publicará un **Catálogo de las Principales Variedades Comerciales Propagadas** en el Mundo. Es el primer paso para catalogar las accesiones de la Red, actualizando el Catálogo publicado por el COI en el año 2000 (Barranco *et al.* 2000). El nuevo catálogo incluirá evaluaciones agronómica y oleotécnica actualizadas de las variedades autenticadas más difundidas mundialmente que se conservan en la Red de Bancos COI. Esta fase del proyecto permitirá también **la libre distribución de material autenticado y exento de agentes bióticos de cuarentena causantes de plagas y enfermedades devastadoras como *Verticillium dahliae* y *Xylella fastidiosa* de las variedades catalogadas en y entre los Bancos de la Red.** Se trata en suma de promover la certificación de planta de vivero desde los repositorios de los Bancos mediante la distribución de material inicial entre los viveros certificadores de los países de la Red.



Figura 6. La verticilosis asociada a la planta de vivero infectada y al uso de suelos cultivados previamente con algodón han sido las causas fundamentales de la difusión de esta enfermedad (a y b). En la actualidad la seca originada por *Xylella fastidiosa* (c) representa un riesgo potencial grave para el olivar. Urge promover la certificación de planta de vivero

2.2. Obtención de nuevas variedades

Las variedades del futuro deben responder a nuevas necesidades de cultivo. La mejora genética por medios convencionales y biotecnológicos es la herramienta precisa para atender esta demanda en la actualidad. Los primeros programas de mejora genética que han originado nuevas variedades se iniciaron en Israel e Italia a partir de 1965.

El programa conjunto de la Universidad de Córdoba y el IFAPA inicia la mejora genética por cruzamientos en España desde 1990 (Rallo, 1995). Ha incluido objetivos metodológicos y agronómicos. Entre los primeros se encuentran el acortamiento del período juvenil y la búsqueda de métodos precoces, eficientes y sencillos de selección.

El **período juvenil** es el tiempo que media entre la siembra de los genotipos y la primera floración. Representa, por tanto, el tiempo de espera necesario para evaluar los frutos de los genotipos de cualquier cruzamiento. En trabajos previos se había estimado en 10-15 años y ha supuesto la principal dificultad para emprender trabajos de mejora en olivo. Las técnicas de forzado del crecimiento en invernadero y campo utilizadas en nuestro programa (Figura 5) han permitido que la floración se inicie a partir de 29 meses de la siembra (Santos-Antunes *et al.*, 2005), lo que ha abierto el camino de la mejora por cruzamiento al reducir consistentemente el período necesario para iniciar la evaluación de las características de los frutos. Además, se ha encontrado una relación consistente entre el vigor de los olivos tras su primer período de crecimiento en invernadero y la precocidad de floración y fructificación de los genotipos, tanto en los programas de Córdoba como de Sevilla, lo que ha proporcionado un criterio precoz de evaluación que permite la eliminación de hasta el 40% de los genotipos de fructificación más tardía en su primer año de crecimiento (De la Rosa *et al.*, 2006; Rallo *et al.*, 2008).

Los objetivos agronómicos iniciales fueron la precocidad de producción, la productividad, el contenido en aceite y en ácido oleico, la adaptación a la recolección mecánica y la resistencia al repilo causado por *Spillocaea oleagina* Hugues (Cast.) (León *et al.*, 2005). En la actualidad se han incorporado nuevos objetivos: la resistencia a *Verticillium dahliae* y a *Xylella fastidiosa* y la búsqueda de olivos de vigor reducido y hábito de crecimiento compacto (Rallo y Barranco, 2006).

En el Programa Conjunto UCO- IFAPA se han definido tres fases de selección (Figura 7).

3. Cultivos

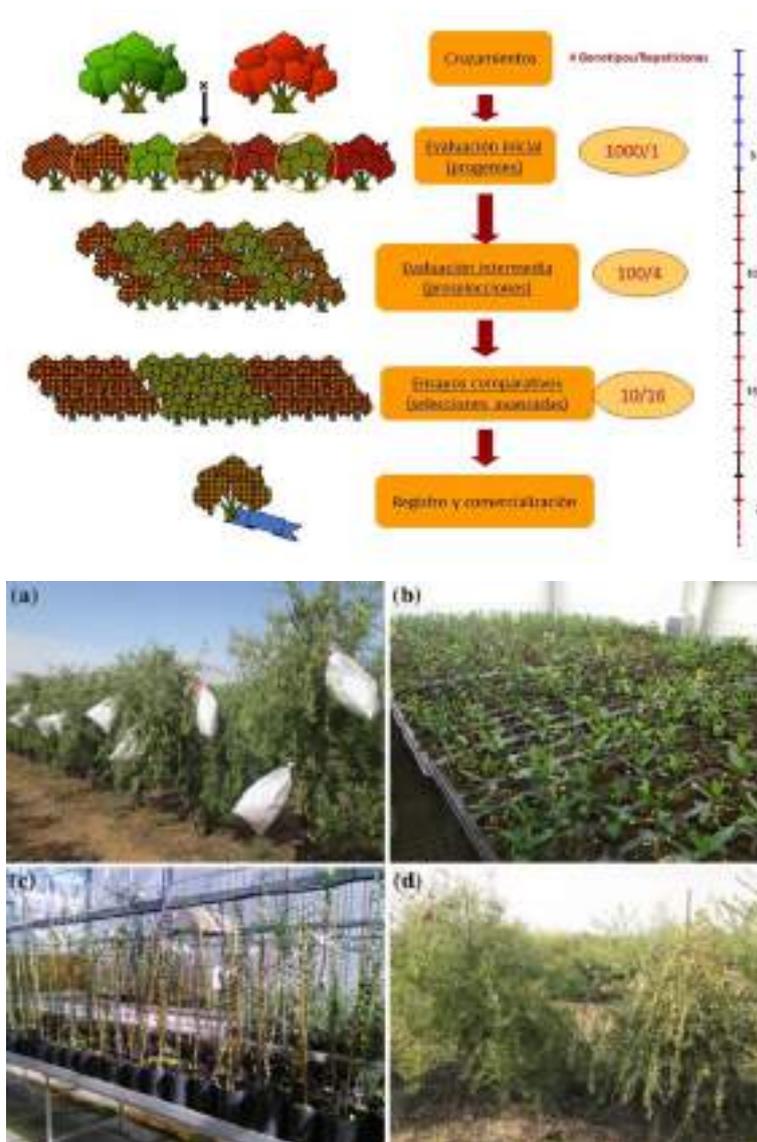


Figura 7. Arriba. Fases de evaluación de los programas mejora genética de olivo por cruzamiento. En la línea de la derecha se indica la duración (años) de cada fase. (Ver texto). Debajo. Periodo Juvenil (PJ). Es el tiempo que transcurre desde la siembra de los cruzamientos (a) hasta la primera floración y fructificación (d). El forzado de la germinación (b) y del crecimiento del primer año en invernadero ha acortado el PJ de 10 años a 2-3 años

Se han evaluado más de 10.000 genotipos en la primera, 133 preselecciones en la segunda fase y están en la tercera (ensayos comparativos) hasta 40 selecciones avanzadas. Una nueva variedad, 'Sikitita' (inicialmente denominada 'Chiquitita') (Rallo *et al.*, 2008), se ha seleccionado y registrado para olivares en seto por su menor vigor que 'Arbequina' (Figura 7 a), la variedad estándar en este tipo de plantaciones. Su precocidad de fructificación y su porte compacto y llorón limita naturalmente la altura del seto. Once viveros españoles iniciaron su propagación comercial en la campaña 2009-2010. Recientemente se han registrado dos nuevas variedades: 'Sikitita Dos' y 'Martina' (Figuras 8 b y c). El Programa ha permitido también la formación de una nueva generación de mejoradores de olivo

Por otro lado, bastantes descendientes del cruzamiento 'Arbosana' x 'Sikitita' han mostrado un vigor y hábito de crecimiento semejante a sus genitores. Los árboles de bastantes de sus descendientes presentan un vigor más reducido que los de los restantes cruzamientos, lo que

sugiere una alta heredabilidad de este carácter. Este tipo de cruzamientos podría proporcionar nuevas variedades para olivar en seto en el futuro.



Figura 7. Nuevas variedades registradas del programa UCO-IFAPA: a) 'Sikitita', b) 'Sikitita Dos', c) 'Martina'

2.3. El papel de la Biotecnología

Las nuevas variedades de olivo son aún escasas y derivan de planes clásicos de mejora. Por el momento, estos planes están basados exclusivamente en cruzamientos dirigidos entre variedades con buenas características agronómicas y selección de sus descendientes durante un largo periodo de tiempo que puede suponer hasta 15-20 años (Rallo *et al.*, 2018).

El primer genoma de referencia de olivo se secuenció en 2016, correspondiendo a la variedad 'Farga' (Cruz *et al.*, 2016). Desde entonces, varios genomas de referencia de otras variedades se han secuenciado progresivamente (Unver *et al.*, 2017; Julca *et al.*, 2020; Jiménez-Ruiz *et al.*, 2020). Por una parte, su disponibilidad ha permitido profundizar en los procesos de domesticación que dieron lugar a las actuales variedades tradicionales de olivo (Julca *et al.*, 2020). También, conocer el número y secuencia de genes y otros elementos que constituyen el genoma, abriendo la puerta a su aplicación como marcadores de selección en programas de mejora de olivo.

3. Cultivos

La selección asistida por marcadores (MAS) para rasgos controlados por genes principales o loci de rasgos cuantitativos (QTL) es una aplicación fundamental de la genómica. Mediante MAS, los marcadores genéticos que se sabe que causan un fenotipo o que están fuertemente vinculados a la variante genética causal podrían genotiparse en la etapa de plántula, permitiendo predecir el fenotipo de la planta adulta y así, un ahorro sustancial de tiempo y medios.

Por ejemplo, una aplicación sería la selección de plantas con periodo juvenil corto. El tiempo de selección y obtención de una nueva variedad en frutales está en gran parte marcado por el largo periodo juvenil de estas especies que, en condiciones normales en el caso del olivo, puede variar desde 2-3 años hasta 10-15 años, según genitores y forzado del crecimiento inicial bajo iluminación permanente (Rallo et al. 2018). La detección y optimización de marcadores genéticos que permitieran distinguir en estados tempranos de crecimiento, plantas con periodo juvenil corto, permitiría acelerar los programas de mejora. Esto es crucial para dar una respuesta ágil a amenazas fitosanitarias como la ocurrida en 2013 con *Xylella fastidiosa*, adaptarse a nuevos sistemas de plantación o a gustos cambiantes del mercado.

El desarrollo de nuevas técnicas de secuenciación de alto rendimiento también ha dado lugar a un aumento de los estudios centrados en la transcriptómica del olivo. Estos estudios permitieron inicialmente el ensamblaje y anotación del transcriptoma (Muñoz-Mérida et al., 2013). Siguieron numerosos trabajos de evaluación de la expresión diferencial entre tejidos y tratamientos (Jiménez-Ruiz et al., 2015; Bazakos et al., 2015), la generación de mapas de ligamiento saturados (İpek et al., 2017) y la detección de genes implicados en el proceso de domesticación (Gross Balthazar et al., 2019).

La aplicación de MAS a características complejas, como el rendimiento o la alternancia en la cosecha, no es sencilla. Las dificultades para manipular estos rasgos derivan de su complejidad genética, principalmente del número de genes implicados, las interacciones entre genes (epístasis) y la expresión de genes dependiente del medio ambiente. Por este motivo, a pesar del desarrollo de las técnicas de secuenciación y el avance sustancial del conocimiento, la implementación de marcadores de selección precoz para incrementar la eficiencia de los programas de mejora en olivo sigue siendo una tarea pendiente. Sin embargo, estos avances, presagian un prometedor escenario para el desarrollo de la mejora asistida por marcadores en un futuro próximo.

3. De la propagación en terreno de asiento al desarrollo de los viveros

Los olivareros han multiplicado tradicionalmente las plantas que necesitaban utilizando material de sus plantaciones que se establecía directamente en el terreno de asiento de los nuevos olivares. La propagación vegetativa de estacas y retoños de gran o mediano tamaño han sido los procedimientos habituales. El injerto sobre acebuches o sobre otras variedades y el injerto sobre patrones de semilla han sido también procedimientos usuales en España, aunque menos generalizados.

En los años 70 del siglo pasado se inició una nueva industria de viveros. El uso de estaquillas con hojas de ramos del año previo y de brotes del año bajo nebulización se ha universalizado como el método habitual empleado en los viveros de olivo (Caballero y del Río, 2017). Este método ha

sido mejorado y parcialmente mecanizado por la industria de viveros en los últimos 20 años (Figura 2f). En la actualidad la capacidad de producción de los viveros españoles sobrepasa la cantidad de 20 millones de plantas anuales.

3.1. Principales variedades en las nuevas plantaciones

La actual expansión del olivar está modificando aceleradamente la difusión de las variedades. El desarrollo de una industria de viveros muy dinámica ha reducido el número de variedades propagadas. En la actualidad poco más de cuatro variedades de aceite ('Arbequina', 'Picual', 'Hojiblanca' y 'Arbosana') y cuatro de mesa ('Manzanilla de Sevilla', 'Gordal Sevillana', 'Manzanilla Cacereña' y 'Hojiblanca'), esta última de doble aptitud, son objeto de una multiplicación comercial importante. En general las variedades principales tradicionalmente propagadas tienen una serie de características comunes como su relativa precocidad de producción, su elevado contenido graso, su productividad y las genuinas características de sus aceites que son apreciadas localmente. La tendencia a la reducción del surtido varietal está conduciendo a una universalización de algunas variedades no solo en España, también en todo el mundo. 'Arbequina' es sin duda el ejemplo más relevante de este cambio. Barranco (2017) recoge información sobre variedades y patrones en olivo.

4. Simplificación y mecanización de la poda

La poda trata fundamentalmente de: a) proporcionar al árbol una estructura mecánica sólida capaz de sostener elevadas cosechas sin riesgo de rotura de ramas principales y secundarias, asegurando además una buena iluminación de la superficie foliar de la plantación (**poda de formación**); b) mejorar el tamaño del fruto mediante intervenciones que aseguren una buena relación hoja/fruto y una buena iluminación y aireación de la superficie foliar (**poda de fructificación**); c) renovar las copas de los árboles para mantenerlas fácilmente accesibles durante la recolección (**poda de renovación**), la integración de ambas se denomina también **poda de mantenimiento** y se practica cuando los árboles son adultos; y d) regenerar el árbol cuando la copa ha sido parcial o totalmente dañada por alguna catástrofe natural como las heladas o rejuvenecerlo cuando está envejecido. La poda supone siempre la eliminación de área foliar y reduce la fotosíntesis. Por tanto, disminuye la producción de asimilados, el vigor y la cosecha.

Los olivos de las plantaciones tradicionales tienen formas en volumen con centro abierto (**Vaso**) con estructura de ramos y altura de copa diversas, pudiendo diferir en particular en el número de troncos (Figuras 1c, d y e), estructura que se conserva durante la poda de renovación. La formación tradicional de los olivos dura más de 10 años y la producción plena solo se alcanza a partir de 12-15 años. Los cambios reseñados en los sistemas de plantación han modificado la formación de los árboles. En la actualidad se estandarizan los sistemas de formación predominando los vasos de centro abierto de un solo tronco, con el entronque a 0,80-1,00 m y copa libre para las plantaciones de densidad media recogidas con vibradora (Figuras 2 b, c, d y e) y se emplean los sistemas de eje central y tronco bajo (0,30 - 0,40m) en los olivares en seto (Figura 3).

Se tiende además a la “**poda de mantenimiento mínima**” que trata de reducir las intervenciones, el tiempo y la mano de obra necesarios sin efectos negativos sobre la cantidad y calidad de la producción y la vida de la plantación (Gucci, 2005). Por otro lado, la escasez de mano de obra y el tiempo requerido por la poda manual están promoviendo progresivamente la **poda mecánica**. Pérez Mohedano (2017) ha revisado la información técnica existente sobre la poda del olivo.

5. Manejo anual del cultivo

5.1. Riego deficitario

Los olivares se han establecido tradicionalmente en secano. En la nueva olivicultura el riego se ha convertido en el motor de la productividad. Datos recientes (ESYRCE 2019) indican la utilización generalizada del riego por goteo (Figuras 2c y 3b).

El cálculo del agua necesaria para un cultivo para productividad máxima se determina mediante el cálculo de la evapotranspiración máxima de cultivo (ET_c) que tiene en cuenta los coeficientes de cultivo (K_c) y reductor (k_r) que consideran el cultivo en cuestión y el nivel de cobertura del suelo por la copa de los árboles en función de las distancias de plantación y el estado de desarrollo del cultivo. Coeficientes de cultivo de 0,6 han proporcionado excelentes resultados. Los olivares en riego alcanzan con frecuencia producciones desde 8t/ha de aceituna en densidades tradicionales de 100 plantas por hectárea hasta 12-15t/ha de aceituna en nuevas plantaciones con 300-400 olivos por hectárea.

La progresiva escasez de agua para riego ha promovido estrategias de riego deficitario para garantizar la disponibilidad del agua en los procesos críticos del ciclo reproductor del olivo. Numerosos datos experimentales (Orgaz *et al.*, 2017) indican que: a) el olivo es muy sensible al estrés hídrico durante el desarrollo de las yemas de flor y en la floración, b) los programas de riego que consideran el uso de las reservas totales de agua en el suelo durante el período seco ahorra notables cantidades de agua sin apenas reducción de la producción, c) reducir el agua aplicada por ha a una pequeña fracción de la ET_c para utilizar el agua disponible en más superficie asegura una mayor producción global, y d) la reducción del agua aplicada a los olivos jóvenes reduce el potencial productivo durante la vida de la plantación.

5.2. Fertilización racional

Hay una falta de criterios racionales en la práctica de la fertilización en los olivares. En general, no hay relación entre la producción obtenida y la aplicación de fertilizantes. Una práctica extendida es la aportación de 1UF (unidad fertilizante) por árbol en invierno complementada con aplicaciones foliares de potasio con los tratamientos fitosanitarios. Se está extendiendo el uso del análisis foliar como guía para la fertilización en las nuevas plantaciones intensivas. Sin embargo, a pesar de esta última mejora, la práctica de la fertilización, aun dista de las posibilidades ofrecidas en la actualidad por la aplicación del conocimiento disponible (Fernández-Escobar, 2017).

5.3. Laboreo de conservación y agricultura de precisión

El laboreo con implementos mecánicos para mantener el suelo libre de las malas hierbas sigue siendo la práctica de mantenimiento del suelo más extendida en el olivar tradicional de secano. El uso de herbicidas de pre-emergencia en otoño, complementado con laboreo mínimo en primavera y verano, es una práctica extendida en las últimas décadas por sus ventajas sobre el laboreo tradicional, en particular por su eficacia para facilitar la recolección y para controlar las malas hierbas, así como por su bajo coste de aplicación. También se están promoviendo en secano la reducción del laboreo, diversas formas de laboreo de conservación, el uso de cubiertas vegetales de cereales y leguminosas durante el invierno y su eliminación química en primavera y el uso posterior de diversas cubiertas inertes para prevenir la erosión. En el olivar de riego se utilizan progresivamente cubiertas permanentes entre calles y herbicidas entre los árboles (Ver Figuras 1,2 y 3). Los sistemas de manejo de suelo han sido revisados por Alcántara *et al.* (2017).

5.4. Hacia los sistemas de producción integrada

La intensificación de los sistemas de plantación y el riego han modificado la incidencia de plagas y enfermedades en el olivar. Por ejemplo, en las nuevas plantaciones en riego la incidencia de la Verticilosis se ha convertido en el principal problema fitopatológico. También las aceitunas jabonosas y el glifodes aparecen como problemas importantes en el olivar en seto.

El **control de plagas y enfermedades** se ha llevado habitualmente a cabo mediante la aplicación de un calendario de tratamientos debido a su eficacia en el control de las plagas y enfermedades y a su coste comparativamente reducido. Sin embargo, en los últimos 30 años se vienen desarrollando estrategias de Control Integrado (Alvarado *et al.*, 2017) basadas en el concepto de umbral económico para la aplicación de un tratamiento. Se trata de solo aplicar un tratamiento cuando los niveles de población del agente de la plaga o enfermedad indican que el daño causado por este es mayor que el coste del tratamiento. En la actualidad esta estrategia se ha extendido a la totalidad de las técnicas de cultivo. Es la conocida Producción Integrada que trata de reducir los insumos a lo estrictamente necesario para una producción óptima sin efectos colaterales sobre el cultivo, el medio ambiente y la calidad de la cosecha. Además, se extienden sistemas de Producción Ecológica que excluye además el uso de productos orgánicos de síntesis en el cultivo. Estos sistemas de producción están reglamentados y controlados. Se estima que un 20% del olivar tradicional en España está amparado por alguno de estos sistemas.

Debido a la creciente importancia de la Verticilosis se están proponiendo nuevas estrategias para su control (Trapero-Casas y Blanco-López, 2017), en particular en los olivares intensivos de riego donde su incidencia ha causado alarma en el sector (Figuras 6 a y b). Se han diseñado tratamientos para destruir los esclerocios, el resistente y duradero propágulo de la enfermedad, en el agua de riego. También se ha intentado para el mismo fin la técnica de solarización, es decir el riego del olivar seguido de la cobertura de suelo por plástico. También se experimenta la cobertura de suelo con crucíferas, la inoculación de raíces con el hongo *Trycoderma* Spp. buscando la denominada protección cruzada y las plantaciones en caballones para evitar condiciones de humedad en torno a las raíces que faciliten la difusión de la enfermedad. Finalmente están en desarrollo proyectos para la obtención de variedades y patrones resistentes a esta enfermedad.

6. Hacia la recolección mecánica integral

La recolección manual y la recolección por vareo han sido los procedimientos habituales de recolección en el olivar tradicional. El vareo de las copas para promover la caída de los frutos sobre lienzos o mallas previamente extendidos se ha utilizado sobre todo en el olivar para aceite. El ordeño, con recogida de las aceitunas desde el suelo o desde escaleras en recipientes diversos, ha sido el procedimiento habitual en aceitunas de mesa. Desde los años 70 del siglo pasado se han introducido diversas estrategias para la mecanización parcial de la recolección y el transporte de las aceitunas hasta la planta de procesado. El empleo de vibradores de rama y tronco para la separación de los frutos y su recogida directamente sobre el suelo o sobre mallas en previamente extendidas es un procedimiento ampliamente empleado en la actualidad. Un método que integra ambas operaciones, separación de los frutos del árbol y su recogida, está representado por las vibradoras con paraguas invertido (Figura 2e).

Con las operaciones de limpieza y transporte concluye la recolección. Se ha generalizado la preparación del suelo mediante tratamientos herbicidas en precosecha y posterior pase de rulo previamente a la recogida de aceitunas de molino por vareo o con vibradores. Este método, que es muy barato y eficaz, tiene contraindicaciones si se apuran los plazos y el contacto de la aceituna con el suelo es directo, ya que puede originar contaminación del fruto. En estos casos se debe impedir este contacto directo de aceituna y suelo y extremar la limpieza en el campo y en la almazara previamente a la molturación de las aceitunas. Este es el caso más relevante de la importancia de las operaciones complementarias de limpieza de las aceitunas en campo, transporte a planta y limpieza posterior que están parcialmente mecanizadas mediante el empleo de diferentes técnicas (Figura 2d).

La necesidad de mecanizar integralmente la recolección y la búsqueda de precocidad de fructificación han sido los factores responsables de la modificación de los sistemas de plantación en los últimos cuarenta años. El aumento de los olivos por hectárea acelera la entrada en producción de las plantaciones. La recolección mecánica con vibradores requiere árboles de menor tamaño que los tradicionales. En el caso de las cosechadoras cabalgadoras integrales (Figura 3a) es imperativa la reducción de la altura y volumen del árbol. Su búsqueda es un objetivo de los programas de mejora. La experimentación de sistemas de poda que faciliten el uso de esta maquinaria es también una necesidad actual. También se está avanzando en la mecanización de otras labores del olivar. Una revisión reciente informa sobre el estado de la mecanización de las diferentes técnicas de cultivo del olivar (Gil-Ribes *et al.*, 2017).

7. Del aceite de oliva como producto saludable y de calidad

La expansión del consumo del aceite de oliva en el mundo en los últimos 30 años se debe sin duda a su percepción como producto saludable por los consumidores de numerosos países. Ello es particularmente cierto para el aceite de oliva virgen, cuya cuota de mercado aumenta continuamente. Esta creciente preocupación por el valor del aceite de oliva para la salud se basa en los estudios médicos que relacionan la ingesta de aceite de oliva con la prevención de enfermedades, en particular de las cardiovasculares. Una revisión sobre el efecto del aceite de oliva sobre la nutrición y la salud ha sido publicada por Martínez de Victoria y Mañas (2008).

La transformación de la industria oleícola en la década de los ochenta del siglo pasado con la implantación de los sistemas continuos ha asegurado la molturación a diario de la aceituna que llega a las almazaras y mejorado sustancialmente la calidad del aceite de oliva en España. No obstante, el golpeo y contacto de las aceitunas con el suelo sigue dando lugar a aceites con alta acidez que representan una parte importante del aceite en España. Son los aceites denominados lampantes, que son refinados para su comercialización.

Aún hoy día se produce en España gran cantidad del aceite de oliva lampante que es refinado por los grandes distribuidores nacionales y extranjeros para su mezcla con aceite de oliva virgen, dando lugar a una parte importante del aceite de oliva comercializado. Por el contrario, la mejora del proceso de elaboración llevada a cabo ha incrementado progresivamente el aceite de oliva virgen elaborado y embotellado en origen. En la actualidad éste representa más del 25% del aceite total producido. Este cambio cuantitativo ha propiciado el desarrollo de Denominaciones de Origen Protegidas (DOP), de aceites ecológicos y de marcas comerciales de aceites de oliva virgen cuya cuota de mercado es creciente. En 2006 la lista de DOP incluía 32 y su número ha seguido aumentando en los últimos años.

8. De la aceituna de mesa

El sector de la aceituna de mesa se puede considerar como una “isla” dentro del inmenso olivar español. Una isla por su extensión comparativa (aproximadamente un 6% de la superficie total de olivar de España se destina a aceituna de mesa); por su alta concentración geográfica en Andalucía y Extremadura (solo la provincia de Sevilla acapara en torno al 60% de la superficie nacional); por su reducido abanico varietal basado casi exclusivamente en cuatro cultivares, uno ‘Hojiblanca’ de doble aptitud; y, sobre todo, por las particularidades de su cultivo que han hecho que su evolución tecnológica no siempre haya ido de la mano del olivar de almazara (Rallo *et al.*, 2013).

El olivar para aceituna de mesa en exclusividad se caracteriza por densidades, en general, mayores que las tradicionales de aceite: el 41% de la superficie presenta densidades en torno 200-600 árboles/ha (MAPA, 2016). No obstante, las plantaciones de alta densidad en seto, que han supuesto una auténtica revolución en el olivar para aceite desde los años 90, apenas tienen presencia en el sector de mesa. Los primeros ensayos que comenzaron a evaluar el potencial de este sistema de cultivo para mesa se están llevando a cabo en la US (Morales-Sillero *et al.*, 2014; Rallo *et al.*, 2020), siendo todavía muy escasas y recientes las plantaciones comerciales en seto por iniciativa privada (Figura 8c).

Al tratarse de un fruto de consumo de mesa, la necesidad de conseguir aceitunas de buen tamaño y aspecto impecable ha condicionado las técnicas de cultivo conformando el paisaje particular del olivar destinado a verdeo.

La práctica del riego está más extendida en el sector de mesa (40% de la superficie; MAPA, 2016) que en el de almazara (27%) por su efecto claro en la producción y en el tamaño del fruto. La poda tradicional practicada en plantaciones de mesa (poda Sevilla) se ha caracterizado por un severo aclareo de ramos para reducir puntos de fructificación y conseguir calibres comerciales (Figura 9a), si bien este sistema ha llevado al envejecimiento prematuro de los árboles. Por otro

3. Cultivos

lado, la recolección tradicional en verde se hace íntegramente manual mediante ordeño con macacos para minimizar los daños en el fruto (figura 9a). Es precisamente el elevado coste de la recolección manual, unido a la reducción de los precios percibidos por el agricultor, lo que ha generado un importante problema de falta de rentabilidad en el sector. Esto ha llevado a los olivicultores de mesa a adaptar sus plantaciones para implementar sistemas de recolección mecánica, fundamentalmente recolección con vibrador de tronco, con objeto de abaratar los costes de cultivo. El daño en el fruto, conocido como “molestado”, es la principal limitación a la recolección mecánica de la aceituna de mesa (Figura 9c).

En relación con el material vegetal, el 90% de la producción nacional de aceituna de mesa se concentra en las variedades Manzanilla de Sevilla, Hojiblanca y Gordal Sevillana (MAPA 2016). ‘Manzanilla de Sevilla’ ha sido el referente de calidad de la aceituna verde al estilo sevillano y era la variedad de mesa mayoritaria. Sin embargo, ha experimentado un progresivo retroceso en la última década siendo desbancada por la variedad ‘Hojiblanca’ que acapara actualmente en torno al 48% de la producción de mesa, convirtiéndose en la primera variedad de la industria española. Este cambio se ha debido fundamentalmente a una mejor adaptación de ‘Hojiblanca’ a los sistemas de recolección mecanizada por su mayor resistencia al molestado. En la provincia de Cáceres ‘Manzanilla Cacereña’ es la variedad dominante. Ésta es asimismo la variedad de la DOP “Aceituna de Campo Real” en la Comunidad Autónoma de Madrid.

Urge la búsqueda de material vegetal nuevo para ampliar el abanico varietal del sector de mesa, incluyendo variedades tradicionales de mesa previamente ensayadas en nuestras condiciones de cultivo, así como nuevos genotipos procedentes de programas de mejora. Muy pocos de los programas de mejora de olivo existentes se han centrado en la obtención de variedades de mesa, destacando en España el programa de la Universidad de Sevilla (Rallo *et al.*, 2018). Además, el estudio del fenómeno del molestado (Figura 9d) con objeto de avanzar en el conocimiento de las causas de la diferente susceptibilidad al daño manifestada por el material vegetal resulta fundamental para la elección de nuevas variedades de mesa, así como para la implementación de técnicas de cultivo y sistemas de recolección que puedan modular el daño (Jiménez *et al.*, 2016, 2017. Casanova *et al.*, 2017)

El enorme interés del sector por buscar alternativas que mejoren la rentabilidad de las plantaciones de mesa se pone de manifiesto con la colaboración de la Interprofesional en proyectos de I+D para evaluar nuevo material vegetal incluyendo potenciales nuevas variedades procedentes del programa de mejora de la US (Rallo *et al.*, 2018) , nuevos sistemas de cultivo mecanizables con particular atención al seto tanto en regadío como en secano (proyectos Novamesa, Highmesa y Secanoliva) (www.interaceituna.com). Sin duda, se está gestando un cambio a corto-medio plazo en la constitución varietal y los diseños de las futuras plantaciones de mesa.



Figura 8. La producción aceituna de mesa también se ha incorporado a la mecanización y a la intensificación. a) Olivar tradicional de secano de productividad reducida con poda de fructificación severa y recolección tradicional mediante ordeño sobre macaco; b) olivar de mesa intensivo con recolección mediante vibrador de tronco; c) olivar de mesa en seto con recolección mediante cosechadora cabalgante; d) evaluación de la resistencia al molestado, un carácter crítico para la mecanización de la aceituna de mesa

9. Rentabilidad de las explotaciones

La Tabla 5 recoge los principales índices económicos que, por término medio, presentan las tipologías más extendidas en olivar que se dedica a la producción de aceite. En ella se indican para cada tipología los costes de la inversión, la producción media por hectárea, los costes de recolección (€/t), los costes totales anuales (€/ha), el precio de producción de un kg de aceite de oliva y los años necesarios para amortizar la inversión. Hay que destacar que los costes de producción de un kg de aceite de oliva en los olivares tradicionales son superiores a los precios de mercado en determinados años.

Tabla 5. Índices económicos según tipologías de olivar¹

Tipología	Inversión (€/ha)	Producción media (t/ha)	Costes de recolección (€/t)	Costes totales (€/ha)	Coste del aceite (€/kg)	Amortización (años)
TS	500	2,5	200	1.500	3	-
TR	2.500	5	180	2.320	2,32	20
IS	750	5	120	1.790	1,79	10
IR	3.000	8	100	2.490	1,55	7
SIS	3.000	6	50	1.560	1,52	7
SIR	7.000	10	40	2.220	1,3	9

¹TS = Tradicional Secano, TI=Tradicional Riego, IS = Intensivo Secano, IR = Intensivo Riego, SIS=Superintensivo Secano, SIR=Superintensivo Riego

10. Conclusión: el olivar en una época de cambio

La entrada de España en la UE, en 1986, desencadenó el periodo de expansión al que ha asistido el olivar desde entonces. Previamente, desde 1965, se había producido una fuerte recesión (en el periodo 65-85 se arrancaron 250.000 ha de olivar). Desde 1985 se ha pasado de 2,15 millones de ha a cerca de 2,6 millones de ha en la actualidad. Esta tendencia expansiva se acentuó desde el establecimiento de la ayuda desacoplada por la nueva PAC. Las actuales crisis económica y de precios en el sector apenas han atenuado algo esta tendencia.

La expansión del olivar ha estado acompañada por un profundo cambio tecnológico. El olivar se encuentra en una época de cambio que tal vez sea un cambio de época. El aceite de oliva, su producto principal, es considerado en la actualidad un alimento importante para la salud. Este hecho sigue representando una oportunidad para la expansión mundial de su consumo. La fuerte dependencia de una parte importante de la población rural de este cultivo, la diversidad de olivares y su muy diferente capacidad de adaptarse a los mercados, la multifuncionalidad de muchos olivares, la necesidad de un sistema eficiente de I+D+I, la vertebración del sector en torno a las interprofesionales para defender el valor del aceite de oliva y la aceituna de mesa en un mercado global y la presencia de nuevos operadores financieros requieren la atención tanto del sector oleícola como de los poderes públicos. En Andalucía, la relevancia y singularidad geográfica, histórica, socioeconómica, cultural y simbólica configuran el futuro de los territorios del olivar como un reto permanente para nuestra sociedad.

Agradecimientos

A los olivareros y a los investigadores y tecnólogos del Sistema Público de I+D+I cuya creciente colaboración e interacción garantizan continuidad de la Innovación Oleícola.

Con el ruego a la Autoridad Competente: Nacional, Autonómica y Local y a las Organizaciones Agroalimentarias para que concierten y arbitren las medidas que hagan compatible el imparable cambio tecnológico con la sostenibilidad del Medio Rural.

Bibliografía

- Alcántara, C.; Soriano, M. A.; Saavedra, M.; Gómez, J.A. (2017). Sistemas de manejo del suelo. En D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. Pp. 335-417. (7ª ed.) Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Alvarado, M.; Campos, M.; Civantos, M.; Durán, J.M.; Ruiz, M. J. (2017). Plagas. Pp. 645-732. En D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. (7ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Barranco, D.; Cimato, A.; Fiorino, P.; Rallo, L.; Touzani, A.; Castañeda, C.; Serafini, F.; Trujillo, I. (2000). *World Catalogue of Olive Cultivars*. International Olive Oil Council. Madrid.
- Barranco, D.; Rallo, L. (1984). *Las variedades de olivo cultivadas en Andalucía*. Ministerio de Agricultura, Junta de Andalucía, Madrid.
- Barranco, D.; Trujillo, I.; Rallo, L. (2005). Libro I. Elaiografía Hispánica. En: *Variedades de Olivo en España*. En Rallo, L., Barranco, D., Caballero, J. M., Del Río, C., Martín, A., Tous, J., Trujillo, I. (Eds.) *Variedades de Olivo en España*. Junta de Andalucía, MAPA, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Barranco, D. (2017). Variedades y Patrones. En D. Baarranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. Pp. 65-95. (7ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Bazakos, C.; Manioudaki, M.E.; Sarropoulou, E.; Spano, T.; Kalaitzis, P. (2015). 454 pyrosequencing of olive (*Olea europaea* L.) transcriptome in response to salinity. *PLoS one*, 10(11), p.e0143000.
- Belaj, A.; Satovic, Z.; Trujillo, I.; Rallo, L. (2004b). Genetic relationships and partition of variability of Spanish olive cultivars by means of RAPD markers. *HortScience*, 39 (5):948-951.
- Caballero, J. M.; Del Río, C (2017). Métodos de Multiplicación. En D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. Pp. 97-144. (7ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Caballero J. M.; Del Río, C.; Barranco, D.; Trujillo, I. (2006). The Olive World Germplasm Bank of Córdoba. *Olea*, 26: 14-19
- Casanova, L.; Corell, M.; Suárez, M.P.; Rallo, P.; Martín-Palomo, M.J.; Jiménez, M.R. (2017). Bruising susceptibility of Manzanilla de Sevilla table olive cultivar under Regulated Deficit Irrigation. *Agricultural Water Management* 189, 1-4.

3. Cultivos

- Cruz, F.; Julca, I.; Gómez-Garrido, J.; Loska, D.; Marcet-Houben, M.; Cano, E.; Galán, B.; Frias, L.; Ribeca, P.; Derdak, S.; Gut, M. (2016). Genome sequence of the olive tree, *Olea europaea*. *Gigascience*, 5(1), pp. 13742-016.
- De la Rosa, R.; James, C.; Tobutt, K.R. (2002). Isolation and characterization of polymorphic microsatellite in olive *Olea europaea* L. and their transferability to other genera in the Oleaceae. *Molecular Ecology Notes*, 2:265-267.
- De la Rosa, R.; Kiran, A. I.; Barranco, D.; León, L. (2006). Seedling vigour as a preselected criterion for short juvenile period in olive breeding. *Australian Journal of Agricultural Research* 57: 477-481.
- De la Rosa, R.; León, L.; Guerrero, N.; Rallo, L.; Barranco, D. (2007). Preliminary results of an olive cultivar trial at high density 58: 392-395.
- Fernández-Escobar, R. (2017). Fertilización. En D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. Pp.419-460. (7ª ed.). Ediciones Mundi- Prensa. Madrid.
- Gil-Ribes, J. A.; López-Jiménez, F. J.; Blanco-Roldán, G. L.; Castro-García, S. (2017). Mecanización. Pp. 565-643. En D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. (7ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Gros-Balthazard, M.; Besnard, G.; Sarah, G.; Holtz, Y.; Leclercq, J.; Santoni, S.; Wegmann, D.; Glémin, S.; Khadari, B. (2019). Evolutionary transcriptomics reveals the origins of olives and the genomic changes associated with their domestication. *The Plant Journal*, 100(1), pp.143-157.
- Gucci, R. (2006). Modern training systems for olive. *Olea* 25: 36-38.
- Iñiguez, A.; Paz, S.; Illa, F.J.; Climent, F.; García, J.; Valdés, G. (1999). *Variedades de olivo en la Comunidad Valenciana*. Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació. Generalitat Valenciana. Valencia.
- İpek, A.; İpek, M.; Ercişli, S.; Tangu, N.A. (2017). Transcriptome-based SNP discovery by GBS and the construction of a genetic map for olive. *Functional & integrative genomics*, 17(5), pp.493-501.
- Jiménez M.R.; Casanova L.; Suárez M.P.; Rallo P.; Morales-Sillero A. (2017). Internal fruit damage in table olive cultivars under superhigh-density hedgerows *Postharvest Biology and Technology* 132:130–137.
- Jiménez M.R.; Rallo P.; Rapoport H.F.; Suárez M.P. (2016). Distribution and timing of cell damage associated with olive fruit bruising and its use in analyzing susceptibility. *Postharvest Biology and Technology* 111, 117- 125.
- Jiménez-Ruiz, J.; Ramírez-Tejero, J.A.; Fernández-Pozo, N.; Leyva-Pérez, M.D.L.O.; Yan, H.; Rosa, R.D.L.; Belaj, A.; Montes, E.; Rodríguez-Ariza, M.O.; Navarro, F.; Barroso, J.B. (2020). Transposon activation is a major driver in the genome evolution of cultivated olive trees (*Olea europaea* L.). *The Plant Genome*, 13(1), p.e20010.

- Julca, I., Marcet-Houben, M., Cruz, F., Gómez-Garrido, J., Gaut, B.S., Díez, C.M., Gut, I.G., Alioto, T.S., Vargas, P.; Gabaldón, T. (2020). Genomic evidence for recurrent genetic admixture during the domestication of Mediterranean olive trees (*Olea europaea* L.). *BMC biology*, 18(1), pp.1-25.
- León, L.; Santos-Antunes, F.; Martín, L.M.; Garrido, A; Rallo, L. (2005). Obtención de nuevas variedades por cruzamientos. Pp. 407-420. En: Variedades de olivo en España (Libro III: Mejora Genética y Biotecnología). Luis Rallo, Diego Barranco, Juan M Caballero, Carmen Del Río, Antonio Martín, Joan Tous e Isabel Trujillo. (Eds.). Junta de Andalucía, MAPA y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Leyva-Pérez, M.D.L.O.; Valverde-Corredor, A.; Valderrama, R.; Jiménez-Ruiz, J.; Muñoz-Mérida, A.; Trelles, O.; Barroso, J.B.; Mercado-Blanco, J.; Luque, F. (2015). Early and delayed long-term transcriptional changes and short-term transient responses during cold acclimation in olive leaves. *DNA research*, 22(1), pp.1-11.
- MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2016. Diagnóstico sobre el sector de la aceituna de mesa en España. (www.mapa.gob.es)
- Mariscal, M.J.; Orgaz, F.; Villalobos, F. (2000). Modelling and measurement of radiation interception by olive canopies. *Agric. Forest. Ecol.* 100, 183-197.
- Mérida, A.; Trelles, O.; Barroso, J.B.; Mercado-Blanco, J.; Luque, F. (2015). Early and delayed long-term transcriptional changes and short-term transient responses during cold acclimation in olive leaves. *DNA research*, 22(1), pp.1-11.
- Morales-Sillero, A.; Rallo P.; Jiménez, R.; Casanova, L.; Suárez, M.P. (2014). Suitability of two table olive cultivars ('Manzanilla de Sevilla' and 'Manzanilla Cacereña') to be grown in a super-high density hedgerow. *HortScience* 49 (8): 1028-1033.
- Muñoz Díez, M.C. (2008). Prospección, diversidad genética y conservación de ejemplares de olivo monumentales y poblaciones silvestres de olivo (*Olea europaea* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Muñoz-Díez, C; León, L; Rallo, L.; Oliva, F.; Barranco, D.; de la Rosa, R. (2010). Influence of planting density on yield of cv. Arbequina hedgerow olive orchards. Abstract. International Horticultural Congress. Lisboa 2010.
- Orgaz, F.; Fereres, E.; Testi, L. (2017). Riego. En D. Barranco, R. Fernández- Escobar y L. Rallo (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. Pp. 461-490. (7ª ed.) Ediciones Mundi Prensa-Junta de Andalucía. Madrid.
- Pastor, M. (Ed). (2005). *Cultivo del olivo con riego localizado*. Junta de Andalucía y Ediciones Mundi-Prensa. Sevilla.
- Rallo, L. (1995). Selección y mejora genética del olivo en España. *Olivae*. 59: 46-53. *Australian Journal of Agricultural Research* 59: 933–940.
- Rallo, L.; Barranco, D. (2006). La mejora genética del olivo en España. En: Llácer, G., Díez, M. J., Carrillo, J.M., Badenes, M. L. (Eds.). *Mejora genética de la calidad en las plantas*. SECH-SEG. Valencia

3. Cultivos

- Rallo, L.; Barranco, D.; De la Rosa, R.; León, L. (2008). 'Chiquitita' olive. *Hortscience*, 43:529-531.
- Rallo, L.; Barranco, D.; Díez, C.M.; Rallo, P.; Suárez, M.P.; Trapero, C.; Pliego-Alfaro, F. (2018). Strategies for olive (*Olea europaea* L.) breeding: Cultivated genetic resources and crossbreeding. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits* (pp. 535-600). Springer, Cham.
- Rallo, P.; De Castro, A.I.; López-Granados, F.; Morales-Sillero, A.; Torres Sanchez, J.; Jiménez, M.R.; Jiménez-Brenes, F.M.; Casanova, L.; Suarez, M.P. (2020). Exploring UAV-imagery to support genotype selection in olive breeding programs *Scientia Horticulturae* 273, 109615.
- Rallo, P.; Dorado, G.; Martín, A. (2000). Development of simple sequence repeats (SSRs) in olive tree (*Olea europaea* L.). *Theor. Appl. Genet.* 101: 984-989
- Rallo, P.; Jiménez, R.; Ordovás, J.; Suárez, M. P. (2008). Possible selection of short juvenile periods of olive seedlings plants based on seedling traits.
- Rallo, P.; Morales-Sillero, A. M.; Suárez, M.P. (2013). La aceituna de mesa. En: *Andalucía el Olivar*. Pp 115-132. Grupo de Estudios Avanzados sobre Territorio y Medio Ambiente "Textura", Sevilla
- Santos-Antunes, A.F.; León, L.; De la Rosa, R.; Alvarado, J.; Mohedo, A.; Trujillo, I.; Rallo, L. (2005). The length of the juvenile period in olive seedlings as influenced by vigour and the choose of genitors. *HortScience* 40:1213-1215. Ed. Fundación "La Caixa". AEDOS. Barcelona.
- Tous, J.; del Río, C.; Caballero, J. M.; Rallo, L. (2005). Libro II. Variabilidad y Selección. En: *Varietades de Olivo en España*. En Rallo, L., Barranco, D., Caballero, J. M., Del Río, C., Martín, A., Tous, J., Trujillo, I. (Eds.) *Varietades de Olivo en España*. Junta de Andalucía, MAPA, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. *Olea* 26: 20-25.
- Tous, J.; Romero, A. (1993). *Varietades de olivo*. Con especial referencia a Cataluña.
- Tous, J.; Romero, A.; Hermoso, J.F. (2007). The hedgerow system for olive growing.
- Trapero-Casas, A.; López, F.J.; Blanco-López, M. A. (2017) *Enfermedades*. Pp. 733- 798. En D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.). *El Cultivo del Olivo*. (7ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Trujillo, I.; Morales, A.; Valpuesta, V.; Botella, MA.; Belaj, A.; Rallo, P.; Martín, A.; Dorado, G. (2005). Identificación de variedades de olivo por marcadores moleculares. pp. 431-450. En: *Varietades de olivo en España (Libro III: Mejora Genética y Biotecnología)*. Luis Rallo, Diego Barranco, Juan M Caballero, Carmen Del Río, Antonio Martín, Joan Tous e Isabel Trujillo. (Eds.).
- Unver, T.; Wu, Z.; Sterck, L.; Turktas, M.; Lohaus, R.; Li, Z.; Yang, M.; He, L.; Deng, T.; Escalante, F.J.; Llorens, C. (2017). Genome of wild olive and the evolution of oil biosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), pp. E9413-E9422

AUTORES

ABEL BACHS, JOAN



Diplomado en Ingeniería Técnica Forestal por la Universitat de Lleida (UdL), Máster en Ingeniería de Montes por la UdL y Máster en Sistemas de Información Geográfica (SIG) por la Universitat Politècnica de Catalunya. Durante 3 años, trabajó como técnico en el Programa de Mejora de Variedades de manzana, pera y melocotón del programa de Fruticultura del IRTA. Desde 2016, trabaja como técnico en el grupo Agroforestal, especializándose en trabajos de selección de especies forestales como el castaño y es el técnico responsable de los ensayos llevados a cabo en sobre distintos Sistemas Agroforestales. Cuenta con 1 artículo científico sobre el castaño y con 4 artículos de divulgación.

Contacto: joan.abel@irta.cat

AGUSTÍ FONFRÍA, MANUEL



Dr. Ingeniero Agrónomo por la Universitat Politècnica de València (UPV). Catedrático de Universidad Emérito de Producción Vegetal. Fundador del Instituto Agroforestal Mediterráneo-UPV y Director del mismo desde el 2002 al 2020, y en el que dirige el Grupo de Investigación Citricultura y Fruticultura. Su labor investigadora se ha centrado en la Fisiología del árbol frutal y particularmente de los cítricos. Ha dirigido 23 Tesis Doctorales. Ha publicado más de un centenar de artículos de investigación en revistas indexadas y varios libros de texto, entre los que destacan Citricultura y Fruticultura, ambos con tres ediciones, y numerosos artículos y monografías de divulgación técnica.

Contacto: magusti@prv.upv.es

ALETÀ SOLER, NEUS



Dra. Investigadora en material vegetal de leñosas en el Programa de Fruticultura del IRTA, ha participado en 30 proyectos de selección adaptativa y productiva de especies mediterráneas para uso frutal/agroforestal desarrollando materiales forestales y proponiendo mejoras de gestión frutal y forestal. En 2009 inicia las actividades en piñón en plantaciones injertadas gestionadas con criterios frutícolas. En los últimos 10 años, cuenta con 29 publicaciones científicas, 40 técnicas, 4 libros y 12 capítulos, más de 40 ponencias invitadas, 25 internacionales, y ha sido responsable de 25 contratos de I+D. Es responsable del Centro de Examen de la OEVV, con acreditación europea.

Contacto: neus.aleta@irta.cat

ALEZA GIL, PABLO



Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) desde 2008. Toda mi trayectoria científica la he desarrollado en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Desde 2015 soy responsable de la Unidad de Cultivo de Tejidos del Departamento de Citricultura y Producción del IVIA y en 2019 obtuve una plaza de científico titular en este instituto. Mi carrera científica se centra en la mejora genética de cítricos mediante métodos clásicos y nuevas aproximaciones biotecnológicas, el desarrollo de nuevos conocimientos sobre la biología reproductiva de los cítricos además de profundizar en la genética de plantas diploides y poliploides de cítricos.

Contacto: aleza@ivia.es

ALLENDES LAGOS, GONZALO



Ingeniero Agrónomo con mención en Fruticultura de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. Master Business Administración de la Escuela de Organización Industrial (EOI), España. Diplomado en Fertiirrigación de cultivos y frutales por la Universidad de Concepción, Chile. Es Director Técnico Corporativo del área Agricultura en el centro tecnológico AGQ Labs y consultor internacional en nutrición vegetal, en diversos países como Chile, Perú, México, Colombia, Ecuador, Argentina, Republica Dominicana, Portugal, España, Francia e Italia. Posee experiencia como investigador asistente y como profesor agregado de la cátedra de nutrición vegetal en la Facultad de Agronomía de la PUCV, Chile. Además ha sido profesor invitado en la Universidad de Huelva y Cartagena, España.

Contacto: gallendes@agqlabs.com

ÁLVAREZ, ANTONIO J.



Profesor del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Almería. Desarrolla su actividad investigadora en el campo de los textiles destinados a usos agrícolas y más concretamente en relación con la protección que, como barreras físicas, confieren contra plagas de insectos. Desde el Laboratorio para el Desarrollo y Evaluación de Agrotexiles ha desarrollado una importante labor de transferencia de resultados de investigación que se ha plasmado en numerosos contratos de investigación con empresas nacionales e internacionales dando como fruto numerosas mejoras en el desempeño de estos textiles.

Contacto: ajalvare@ual.es

ARNÓ SATORRA, JAUME



Doctor por la Universitat de Lleida (UdL), es Profesor Titular de Universidad en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ETSEA) de la UdL. Su actividad investigadora se centra en los ámbitos de la Agricultura de Precisión, el análisis espacial de datos, y la aplicación de métodos estadísticos avanzados (machine learning) en muestreo y estimación de cosecha en plantaciones frutales.

<https://publons.com/researcher/800685/jaume-arno/>

Contacto: jaume.arno@udl.cat

ARTÉS CALERO, FRANCISCO



Doctor Ingeniero Agrónomo especializado en refrigeración y tecnología poscosecha en el CNRS, París y en la Universidad de California – Davis. Ingeniero de refrigeración, Investigador Científico del CSIC y Catedrático Emérito de Universidad de Tecnología de Alimentos en la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). Doctor Honoris causa en Ciencia de Alimentos por la Universidad de Foggia (Italia). Ha presidido y organizado varios congresos científicos, publicado más de 780 artículos y comunicaciones a congresos y ha dirigido 30 tesis doctorales.

Contacto: fr.artes@upct.es

ARTÉS HERNÁNDEZ, FRANCISCO



Dr. Ingeniero Agrónomo especializado en tecnología postcosecha de productos enteros y mínimamente procesados. Catedrático de Universidad en la Politécnica de Cartagena (UPCT). Responsable del Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Investigador en decenas de proyectos de I + D y en más de 70 contratos de investigación con empresas. Ha dirigido 13 Tesis Doctorales, publicado más de 90 artículos en revistas de alto índice de impacto incluidas en el JCR del SCI y más de 300 comunicaciones en congresos, organizando los más prestigiosos de su área de investigación.

Contacto: Fr.Artes-Hdez@upct.es

BAEZA CANO, RAFAEL



Ingeniero Agrónomo. Hasta 2006, ha sido Técnico especialista en el Centro IFAPA “Alameda del Obispo” de Córdoba, realizando funciones de transferencia de tecnología y formación en los sectores del regadío y los cultivos de olivar y hortícolas. Posteriormente, ha trabajado como Técnico especialista del área de Recursos Naturales en el Centro IFAPA “La Mojonera” de Almería, realizando funciones de experimentación, transferencia de tecnología y formación en el sector del regadío y los cultivos hortícolas intensivos. Desde 2018, es Técnico especialista principal del área de Recursos Naturales y Forestales en el Centro IFAPA “La Mojonera” de Almería. Además, es Coordinador de la transferencia de tecnología al regadío del IFAPA (SAR-IFAPA).

Contacto: rafaelj.baeza@juntadeandalucia.es

BAIXAULI SORIA, CARLOS



Ingeniero Técnico Agrícola y Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Director del Centro de Experiencias de Cajamar, en donde durante 30 años ha desarrollado su labor investigadora y de divulgación. El Dr. Baixauli está especializado en protección integrada por la FECOAV (Federació De Cooperatives Agroalimentaries De La Comunitat Valenciana), Master en Gerencia de Empresas Agroalimentarias y ha trabajado como profesor asociado en la UPV. Actualmente es presidente en la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH).

Contacto: carlosbaixauli@fundacioncajamar.com

BATLLE CARAVACA, IGNASI



Investigador del Programa de Fruticultura del IRTA en Mas Bové. Ingeniero Agrónomo por la ESTIAM de la Univ. de Córdoba y Dr. en Mejora genética vegetal por la Univ. de Londres. Trabaja como mejorador de frutales y frutos secos. Responsable del grupo de Olivicultura y Frutos Secos durante seis años. Investigador Principal en 16 proyectos nacionales sobre mejora genética en frutales y de conservación recursos genéticos y colaborador en otros 10. Autor de 50 artículos SCI, más de 70 artículos de divulgación, 2 libros y 10 capítulos de libros. Es miembro de la ISHS, ASHS y de la SECH.

Contacto: Ignasi.Batlle@irta.cat

BARRANCO NAVARRO, DIEGO



Catedrático de Universidad en el Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba. Ha dedicado toda su vida profesional al estudio de las variedades de olivo: la prospección e identificación de las variedades cultivadas en España, la evaluación de estas y la obtención de nuevos cultivares en el programa de mejora ha marcado su dilatada experiencia. Responsable del Banco de Germoplasma de Olivo en la Universidad de Córdoba. Socio-promotor de tres empresas de Base Tecnológica. Premio “Galileo” a la transferencia del conocimiento en la UCO en 2020.

Contacto: dbarranco@uco.es

BELMONTE UREÑA, LUIS JESÚS



Doctor en CC.EE y Empresariales y profesor Titular en el Área de Economía Aplicada de la Universidad de Almería. Su principal línea de investigación está relacionada con el desarrollo sostenible, la economía circular en la agricultura y las cooperativas de crédito. Ha publicado más de 75 artículos de investigación, así como varios libros y capítulos de libros. Ponente en varios congresos nacionales e internacionales. Además, forma parte de la red europea Erasme – Centre d’Excellence Jean Monnet sur le Développement Durable. Posee un sexenio de investigación y otro de transferencia.

Contacto: lbelmont@ual.es

BELTRÁN PORTER, JOSÉ PÍO



Profesor de Investigación ad honorem del CSIC en el IBMCP. Experto en interacciones planta-patógeno (Montana State University y en Genética del desarrollo de flores en el Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung. Titular de tres patentes para producir plantas androestériles, la obtención de híbridos y frutos de tomate sin semillas. Ha sido Vicepresidente del CSIC. Presidente de la European Plant Science Organization (EPSO). Fundador del Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (CSIC-UPV). Fundador de la Casa de la Ciencia del CSIC en Valencia. Presidente de la Fundación Triptolemos desde 2019. Ha publicado más de un centenar de artículos de investigación y divulgación en revistas de prestigio internacional.

Contacto: jbeltran@ibmcp.upv.es

BORRÁS ESCRIBÁ, PACO



Licenciado en Ciencias Físicas, fue gerente de la Cooperativa Agrícola San Bernardo de Carlet. Desde 1980, ha desempeñado varias funciones en el departamento comercial de Anecoop, habiendo sido subdirector operativo de esta cooperativa de segundo grado hasta el 1 de octubre 2017. Actualmente, ejerce de Consultor en temas de comercio agroalimentario.

Contacto: paco@pacoborras.com

CAMACHO FERRE, FRANCISCO



Máster en dirección de empresas agrarias y Doctor Ingeniero Agrónomo. Catedrático de horticultura intensiva en el Departamento de Agronomía de la Universidad de Almería. Es autor o coautor de 23 libros, 37 capítulos y 128 artículos científicos nacionales e internacionales. Es coordinador del libro “España huerta de Europa” que fue galardonado con el premio “Alimentos de España 2002 medios de comunicación como mejor trabajo literario”. Fue Consultor Experto Internacional (Naciones Unidas) en el proyecto de alternativas al bromuro de metilo entre los años 2003 y 2015.

Contacto: fcamacho@ual.es

CASADÓ LLOP, VERÓNICA



Ingeniera agrónoma por la UdL. Empezó en IRTA Mas Bové en octubre del 2020 donde realizó su tesis de Máster “Heredabilidad de caracteres físicos de aptitud industrial de la almendra y su interés en el mercado”. Seguidamente, se incorporó en el grupo de mejora genética de almendro y en el proyecto de mancha blanca en avellana donde he realizado el seguimiento del ciclo de los chinches implicados relacionándolo con el efecto de mancha blanca producida. En ambos casos, ha tomado los datos de campo y laboratorio de las campañas correspondientes, además de su posterior procesado, análisis y mantenimiento de bases.

Contacto: veronica.casado@irta.cat

COSCOLLÁ TOLEDO, PIEDAD



Licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Valencia. Cursó un Master en Marketing de la Distribución Comercial en la Universidad de Valencia y el Programa de Dirección de Empresas Agroalimentarias del Instituto Internacional San Telmo de Sevilla. Tras trabajar durante un año en el Reino Unido, se incorporó a Anecoop S.Coop. en 1993, donde actualmente se responsabiliza del Marketing comercial y promocional. Además, colabora con diferentes organizaciones e instituciones nacionales e internacionales en la potenciación del consumo de frutas y hortalizas.

Contacto: pcoscolla@anecoop.com

DE CARA GARCÍA, MIGUEL



Miguel de Cara es doctor ingeniero agrónomo por la Universidad de Almería, donde también obtuvo su título de ingeniero técnico agrícola. Es investigador titular del IFAPA en Almería, dentro del área de protección vegetal sostenible. Entre sus líneas de investigación se incluyen la gestión agroecológica, epidemiología y control de hongos y oomicetos de origen edáfico de los cultivos hortícolas. Todas sus investigaciones tienen una orientación aplicada, siendo el objetivo de éstas la generación de conocimiento práctico para aumentar o mantener la productividad de los cultivos generando el menor impacto ambiental.

<https://www.researchgate.net/profile/Miguel-De-Cara>

Contacto: franciscom.cara@juntadeandalucia.es

DEL PINO RODRÍGUEZ, DAVID



Hijo de agricultores que mientras estudiaba para ser Ingeniero Agrónomo quedó fascinado con el comercio, la sociología y finalmente el marketing. Al acabar mis estudios pasé por el mundo citrícola y el comercio hortofrutícola en los EEUU, tanto en el ámbito de logística como de ejecutivo de ventas. En mi vuelta a España, he trabajado de comercial y dirigido una gran cooperativa hortofrutícola del sur de España. Actualmente, afronto el reto de crear la mayor plataforma de innovación, conocimiento, estrategia, marketing, ciencia, técnica y tecnología aplicada, que el sector hortofrutícola tanto necesita.

Contacto: daviddelpinorodriguez@gmail.com

ESCOLÀ AGUSTÍ, ALEXANDRE



Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Universitat de Lleida. Es coordinador del Grupo de Investigación en AgróTICA y Agricultura de Precisión de la Universitat de Lleida/Agrotecnio-CERCA Center. Es autor/coautor de cerca de 50 artículos de investigación en el campo de la protección de cultivos, de la Agricultura de Precisión y en temas multidisciplinares en agricultura.

<https://publons.com/researcher/799665/alexandre-escola/>

Contacto: alex.escola@udl.cat

FERRER ALEGRE, FRANCESC



Dr Ingeniero Agrónomo (Universidad de Lleida) y MSc (Washington State University) es director y socio fundador de la empresa LabFerrer. Trabaja con los principales fabricantes globales de sensores y soluciones IoT para agricultura. Ha organizado y participado en cursos y charlas especializadas sobre buenas prácticas y aplicación de datos e información en agricultura. Ha colaborado con investigadores y empresas a nivel mundial en temas relacionados con biofísica ambiental, modelización de sistemas agrícolas, transferencia de tecnología y programación de riegos.

Contacto: francesc@lab-ferrer.com

FRUTOS VÁZQUEZ, IVÁN



Doctor en Ciencias Químicas por la UAM en la especialidad de Química Agrícola. Máster en Fertilizantes y Medioambiente. Se ha especializado en nutrición vegetal, riego y desarrollo de nuevas tecnologías agrícolas. Es profesor invitado en el Máster Ciencias Agroambientales y Agroalimentarias y coautor de libros como “Fertirrigación de cultivos hortícolas, ornamentales y leñosos” o “La savia como índice de fertilización”. Los trabajos relacionados en esta última disciplina le permitieron ser copropietario de la patente del uso del análisis de savia como indicador específico. Desarrolló la filial mexicana del Grupo AGQ Labs. Actualmente ejerce el puesto de Director Corporativo de Agricultura en AGQ Labs, siendo responsable de los trabajos de asesoría en más de 20 países así como el uso y desarrollo de nuevas tecnologías de agricultura de precisión.

Contacto: ifrutos@agqlabs.com

GARCÍA DE MORENTIN, CAMINO



Directora General de AEFA (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes), donde ejerce su actividad profesional desde septiembre de 2018 y coordina y gestiona todas las actividades de la asociación representándola frente a la Administración y Organizaciones en todos los foros del sector agrario. Ingeniero agrónomo por la universidad Politécnica de Madrid, es muy consciente de la necesidad de incluir el desarrollo técnico, la investigación y la biotecnología en la nutrición vegetal y de la importancia de que la legislación avance al ritmo que requiere la industria para dar su sitio a los nuevos productos.

Contacto: c.garcia@aeфа-agronutrientes.com

GARCÍA GARCÍA, M^a CARMEN



Ingeniero Técnico Agrícola y Graduada en Ingeniería Agrícola por la UAL, Máster en Recursos Ambientales en el Sudeste Español (UGR), en Horticultura Mediterránea Protegida (UAL) y 3 especialidades de PRL. Actualmente, es Técnica Especialista Coordinadora de Formación y Transferencia en el IFAPA, Centro La Mojonera, Almería. Sus líneas principales de trabajo son formación especializada de asesores en producción integrada, estudios de caracterización de tecnologías agrarias y fitopatología, producciones hortícolas integrada y ecológica, gestión de residuos agrarios, diversificación de cultivos y agricultura ecológica. De igual forma ha desempeñado diversos cargos en Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería, siendo en la actualidad su Secretaria.

Contacto: mariac.garcia.g@juntadeandalucia.es

GARCÍA RUIZ, FRANCISCO JOSÉ



Doctor en ciencias agronómicas por la Universidad de Copenhague (Dinamarca), especializado en teledetección para aplicaciones agrícolas. Actualmente es investigador en la Unidad de Mecanización Agraria y profesor asociado en el Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología de la UPC. Además, ha sido fundador de dos empresas del sector agrotecnológico y asesor del departamento de suelos de la Environmental Agency de Abu Dhabi (Emiratos Árabes Unidos) en proyectos de monitorización de suelos mediante teledetección hiperespectral.

Contacto: fco.jose.garcia@upc.edu

GARCÍA-ESCUADERO DOMÍNGUEZ, ENRIQUE



Doctor Ingeniero Agrónomo y Diplomado Superior en Viticultura y Enología por la Universidad Politécnica de Madrid. Inicia su actividad profesional en el sector privado, como técnico en tres bodegas de la DOCa. Rioja. Posteriormente, se incorpora al mundo de la investigación en la Casa del Vino de Rioja Alavesa y, más tarde, como Técnico Superior de Administración Especial de la Diputación Foral de Álava. En 1999, ingresa en el Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario, donde desempeñó su trabajo como Responsable de Programa y Jefe del Departamento de Viticultura y Enología. En la actualidad es Jefe del Servicio de Investigación Agraria y Sanidad Vegetal y Vicedirector del Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV).

Contacto: egescudero@larioja.org

GARCÍA-ESPAÑA SERRA, VITAL



Profesor de la Escuela de Capataces Agrícolas de Catarroja (Diputación de Valencia) y, desde 2016, Director de la misma. Cuenta con una amplia experiencia como Asesor Técnico de viveros, habiendo ejercido como tal en varias asociaciones: ASFPLANT (1992-1997) y la Asociación de Viveros Forestales de la CV (AVIFOREST) (1994-1997). También, ha sido socio de Viveros EVEN desde 1996 hasta 2018.

Contacto: vital.garcia@dival.es

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, JOSÉ JORGE



Ingeniero Agrónomo por la ETSIA de la Universidad Politécnica de Madrid y Doctor Ingeniero Agrónomo por la ETSIA de la Universidad de Córdoba. Toda su trayectoria laboral se ha desarrollado en el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea “La Mayora”, del CSIC. En 2005, se incorporó al Departamento de Fruticultura Subtropical, en el que colabora en trabajos de investigación, transferencia de resultados y conservación de germoplasma.

Contacto: jorgegonzalez-fernandez@eelm.csic.es

GOYENA GARCÍA-TUÑÓN, ISABEL



Licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Zaragoza, especialidad en ingeniería química y tecnologías del medio ambiente y Programa Superior en Ingeniería y Gestión Ambiental por la Escuela de Organización Industrial (EOI). Durante los últimos 26 años, ha desarrollado su experiencia en el campo de los residuos, el reciclaje y los plásticos. Ha trabajado durante 22 años en la empresa de Ingeniería IDOM realizando estudios y proyectos de residuos. En 2016 se incorporó a CICLOPLAST coordinando proyectos técnicos de I+D+i de economía circular en materia de plásticos y como secretaria técnica de Cicloagro. En 2018 fue nombrada Directora General de CICLOPLAST. Es también representante española en EPRO (European Plastics Recovery and Recycling Organizations) y Presidenta de la Asociación Paisaje Limpio.

Contacto: isabel.goyena@cicloplast.com

GRACIA LÓPEZ, CARLOS



Doctor Ingeniero Agrónomo y Licenciado en Ciencias Económicas, especializado en mecanización y tecnología agraria. Catedrático emérito de la Universitat Politècnica de València. Ha sido Presidente de Ingeniería Hortícola de la SECH (1981-1992) y de la Sociedad Española de Agroingeniería (2001-2005). Está en posesión de la Encomienda de la Orden de Alfonso X el Sabio, es Socio de Honor de la Sociedad Española de Agroingeniería y ha recibido la Medalla de la Universidad de Guanajuato (México).

Contacto: cgracia@dmta.upv.es

GRANADOS GARCÍA, MARÍA ROSA



Doctora en Ciencias Químicas por la Universidad de Almería. Inició su carrera profesional en Ifapa, trabajando como becaria en la reutilización de agua residual para el riego de cultivos hortícolas. Se doctoró en la UAL, con un estudio para caracterizar la fertilización nitrogenada y optimizarla realizado en UAL y la Fundación Cajamar. Desde hace 12 años ha estado participando en diferentes proyectos, desarrollados por la UAL y el Ifapa de la Mojonera para mejorar las condiciones climáticas de los invernaderos mediterráneos, mediante un manejo pasivo del clima. En la actualidad, participa en el proyecto Recicland.

Contacto: mrosa.granados@juntadeandalucia.es

GUÀRDIA BEL, MERCÈ



Licenciada en Biología por la Universitat de Barcelona y doctora en Ciencias Forestales por la Universitat de Lleida. Especializada en genética forestal, ha participado en diferentes proyectos relacionados con especies forestales (Nogal, Castaño, Fresno y Cerezo) y ha sido profesora asociada en la UPC, dentro del grado de Ingeniería Agrícola. Actualmente trabaja en el IRTA como técnico de apoyo a la investigación colaborando en diferentes proyectos centrados en la mejora de las plantaciones de pino piñonero. Cuenta con 10 publicaciones científicas (Centradas en nogal, pino piñonero y castaño), contribuciones a congresos, así como diferentes estancias en centros nacionales e internacionales relacionados con la agroforestería).

Contacto: merce.guardia@irta.cat

HARO, JOSÉ ANTONIO



Doble licenciado en derecho y en administración y dirección de empresas por la Universidad Europea de Madrid. Máster EMBA y Dirección de RRHH por ESICA. Máster en Tributación y Asesoría Fiscal y Fiscalidad Internacional por el CEF. Actualmente ocupa el puesto de Dirección de Estrategia y Desarrollo en Granada La Palma SCA, tras un período de cuatro años como director de RRHH. Antes de pertenecer al equipo de Granada La Palma cuenta con experiencia como asesor legal en distintas empresas de diversos sectores, financiero, construcción, tecnológico.

Contacto: jaharo@granadalapalma.com

HEIS SERRANO, JUAN



Técnico de producción en Semilleros Saliplant desde el año 2017. Ingeniero Agrónomo y Máster en Producción, Protección y Mejora Vegetal por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes (ETSIAM) de la Universidad de Córdoba (UCO). Desde el año 2017 hasta la actualidad desarrolla su actividad como técnico de producción en Semilleros Saliplant

Contacto: juan.heis@saliplant.com

HERNÁNDEZ SALVADOR, JAIRO



Director de Gregal. Es miembro de la IAMCP (International Association Microsoft Channel Partners). Diplomado en Empresariales por la Universidad Valencia en 1997 especialidad dirección de empresas y en el área comercial, como técnico superior en gestión comercial y marketing. Desde 1999, su carrera siempre ha estado relacionada con el sector tecnológico y agroalimentario. En 2006, Gregal pasó a formar parte del canal de Microsoft, encargándose de la relación entre ambas organizaciones, así como de la asistencia a diferentes eventos de Microsoft a nivel internacional: Converge, WPC, Directions, ... Desde 2013 tiene la certificación de Microsoft Standard Presales y Sales Assessment en ERP.

Contacto: jhernandez@gregal.info

HERNANI BENGOA, JAIME



Licenciado en Náutica, ha dedicado su carrera profesional al mundo del Comercio Exterior. Master en comercio exterior por la Cámara de Comercio de Bilbao. Dirige desde hace más de 35 años AGRAGEX, Asociación de Fabricantes-Exportadores Españoles de Maquinaria y Equipos Agropecuarios, y desde el año 1993, es el Director General del Grupo AGEX. También, ha sido Director del Área de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio de Bilbao, entre los años 1985 y 2011.

Contacto: jaime@agragex.es

HINAREJOS ESTEVE, ESTEFANÍA



Con experiencia de años en el campo del control biológico, la bioestimulación y biofertilización, Estefanía Hinarejos Esteve es Ingeniero agrónomo por la UPV de Valencia, y consultora experta en Marcos Regulatorios, tanto fitosanitarios como fertilizantes. Desde el año 2014 es directora a tiempo parcial de la asociación IBMA España, y fundadora de Mathex (Microbial Active Technical Experts), empresa a través de la cual, presta sus servicios.

Contacto: ibma@mathex.es

HONORÉ, MIREILLE NATHALIE



Investigadora del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Almería. Cursó estudios de Ingeniero Agrónomo en Francia, en l'École Supérieure d'Agro-développement International (ISTOM), del Máster en Ingeniería Agronómica y del Doctorado en Cultivos protegidos en la Universidad de Almería. Tiene una amplia experiencia como auditora y como investigadora en el desarrollo y protección de cultivos tropicales.

Contacto: mh052@ual.es

HORMAZA URROZ, IÑAKI



Doctor en Biología Vegetal por la Universidad de California, Davis, desde 1994. En el año 2000, obtuvo una plaza de científico titular en el CSIC y continuó su carrera investigadora en el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora en Málaga (IHSM La Mayora). Desde 2003 es responsable del Departamento de Fruticultura Subtropical del IHSM La Mayora y, desde 2007, Profesor de Investigación del CSIC. Su carrera científica se centra en el estudio de la diversidad genética, en la caracterización y conservación de germoplasma y estudios de biología reproductiva en frutales subtropicales y de zonas templadas.

Contacto: ihormaza@eelm.csic.es

HOYOS ECHEVARRÍA, PEDRO



Entre 1982 y 1987 fue Director Técnico de la finca Migjorn en el Delta del Ebro, 500 has de hortalizas al aire libre: tomate de industria, melón y sandía, judía verde y guisante para congelado, etc. Durante 25 años (1992-2017) ha coordinado en Marchamalo (Guadalajara) el programa de Investigación-Experimentación Hortícola de Castilla-La Mancha. También ha dirigido diversos programas de Horticultura de la Comunidad de Madrid, en Villa del Prado, y de la de Castilla y León en la comarca del Carracillo (Cuellar (Segovia)). Durante más de 20 años ha sido Coordinador del Seminario de Técnicos y Especialistas de Horticultura del MAPA. Director de los videos sobre Horticultura del MAPA. Autor del trabajo que presentaba la Horticultura Española en Chronica Horticulturae, ante el congreso de la ISHS de Lisboa 2010.

Contacto: pedro.hoyos.echevarria@upm.es

IGLESIAS CASTELLARNAU, IGNASI



Director Técnico en Agromillora Group. Ha sido investigador en el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA) durante 24 años. Anteriormente, trabajó como extensionista en el Departament d'Agricultura de la Generalitat de Catalunya. Su actividad científica se ha centrado principalmente en la evaluación del material vegetal, así como de sistemas de conducción en diferentes especies de fruta dulce, fruta seca y cítricos, así como su efecto en el comportamiento agronómico, la calidad de la fruta y la adaptación a las zonas cálidas. Su actividad investigadora se ha dirigido al estudio de factores que afectan a la satisfacción de los consumidores, en particular, la variedad, la fecha de recolección y la tecnología de producción.

Contacto: iiglesias@agromillora.com

JANSSEN, DIRK



Activo en IFAPA, Centro La Mojonera desde 1996, ha realizado investigaciones científicas sobre enfermedades causadas por virus en cultivos hortícolas, liderando y colaborando en proyectos de investigación públicos y contratos con empresas privadas. Los objetivos son la etiología de nuevas enfermedades virales en plantas, estudios de caracterización, epidemiología y control de virus. Los hitos de la investigación son la primera descripción de 11 nuevas enfermedades virales en España, 3 en Europa y 1 en el mundo (BnYDV). Son particularmente relevantes los primeros registros publicados de control biológico exitoso de un virus de plantas transmitido por insectos (ToLCNDV por *Amblyseius swirskii*), y de un recombinante natural de un crinivirus.

Contacto: dirk.janssen@juntadeandalucia.es

LIPAN, LEONTINA



Graduada en Ciencia y Tecnología de los Alimentos y Máster en Gestión de la Calidad de Alimentos por la USAMV Cluj-Napoca, Rumanía. Recientemente, obtuvo su doctorado en Recursos y Tecnologías Agrarias Agroambientales y Alimentarias por la Universidad Miguel Hernández (UMH). Es investigadora junior del grupo de investigación Calidad y Seguridad Alimentaria de la UMH y actualmente está realizando una estancia postdoctoral en el IRTA sobre la calidad y el procesado industrial de frutos secos. Es auditora técnica en ENAC en temas de análisis sensorial y paneles de cata para DOP y evaluadora de proyectos para AVAP. Participa en proyectos y congresos nacionales e internacionales, es autora de 38 artículos científicos, 5 capítulos de libro etc.

Contacto: leontina.lipan@irta.cat

LÓPEZ MARTÍNEZ, ALEJANDRO



Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Almería. Desde el año 2006, es investigador en el Grupo de Investigación Ingeniería Rural del Centro de Investigación en Agrosistemas Intensivos Mediterráneos y biotecnología Agroalimentaria CIAIMBITAL de la Universidad de Almería. Sus trabajos de investigación se centran en el estudio del microclima y el control climático sostenible en invernaderos.

Contacto: alexlopez@ual.es

MAGÁN CAÑADAS, JUAN JOSÉ



Dr. Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Almería. Ha desarrollado la mayor parte de su carrera profesional en la Estación Experimental Cajamar (adscrita a partir de 2006 a Fundación Cajamar), situada en El Ejido (Almería), donde empezó a trabajar como investigador en 1997. Desde 2019 es el responsable del Área de Tecnología de Invernaderos en dicha Estación.

Contacto: juanjosemagan@fundacioncajamar.com

MARTÍNEZ CASASNOVAS, JOSÉ ANTONIO



Dr. Ingeniero Agrónomo y Máster en GeoInformation Systems for Rural Applications (Universidad de Wageningen, Países Bajos). Catedrático de Universidad en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de la Universitat de Lleida. Su actividad científica está relacionada con la aplicación de las tecnologías de la geoinformación en: Agricultura de Precisión, cartografía de suelos y modelización de la erosión hídrica.

<https://publons.com/researcher/1308258/jose-a-martinez-casasnovas/>

Contacto: joseantonio.martinez@udl.cat

MARTÍNEZ MARTÍNEZ, ESTANISLAO



Doctor en Ciencias Químicas por la UAM en la especialidad Química Agrícola y Medioambiental. Master MBA en Dirección de Empresas, Finanzas y Control de Gestión y Master en Alta Dirección de Empresas Agroalimentarias. Fundador de varias empresas, como el Grupo AGQ Labs, con presencia en más de 30 países, así como el Holding Labs & Tech Solea y la empresa productora de 300 hectáreas de aguacates y cítricos Natural Crops. Ha diseñado y patentado un modelo propio de Seguimiento Nutricional basado en sondas de succión y referenciación específica de diversas matrices agroalimentarias. Ha sido reconocido con numerosos premios como el “Premio a la excelencia empresarial en el sector agroalimentario 2021” por CaixaBank, entre otros.

Contacto: emm@agqlabs.com

MARTÍNEZ ZAPATER, JOSÉ MIGUEL



Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid. Desde 1988, ha sido investigador en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) en Madrid y, a partir de 2004, en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Desde 2009, es Director del Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV). También, ha asumido responsabilidades como Gestor del Programa Nacional de Biotecnología entre los años 1995-2000 y como Subdirector General de Investigación y Tecnología del INIA entre los años 2001 y 2004. Su actividad investigadora siempre se ha centrado en el análisis genético y molecular del desarrollo reproductivo de las plantas tanto en sistemas modelo (*Arabidopsis thaliana*) como en especies de cultivo.

Contacto: zapater@icvv.es

MARHUENDA BERENGUER, ANTONIO



Ingeniero Agrónomo por la Universitat Politècnica de València, cursó el Programa de Dirección General del IESE Business School. Actualmente es el socio fundador y gerente de INTA CROP TECHNOLOGY S.L. y cofundador de Almanzora Citrus SL. Ha trabajado, también, como responsable técnico cultivos de hoja en Pascual Hermanos y ha sido el director de producción, y miembro del consejo de administración en Primaflor.

Contacto: antonio.marhuenda@inta.com.es

MEDINA MUÑOZ, ROCÍO



Licenciada en Derecho. Ha cursado los programas ADECA, DEA y ADEL del Instituto Internacional San Telmo Business School. Desde hace más de 30 años, es Presidenta Ejecutiva del Grupo Medina. Las actividades más significativas del grupo son la producción y comercialización de fruta con su empresa INTER TERRA, S.A.T y la investigación, producción y comercialización de plantas de fresa y frambuesa a través de VIVEROS CALIFORNIA, S.L. Es Miembro del Patronato y Comité Ejecutivo de la Fundación San Telmo, de la Cátedra Mujer, Empresa y Sociedad de San Telmo Business School, del Consejo Asesor Regional del BBVA y del Patronato de la Fundación Banco de Alimentos de Sevilla.

Contacto: medina@medinagroup.es

MEDRANO CORTÉS, EVANGELINA



Doctora Ingeniera Agrónoma. Investigadora del IFAPA, en el Centro situado en La Mojonera (Almería). Realiza su trabajo de investigación en la línea sobre el control del clima y riego en cultivos en sustrato bajo invernadero y la respuesta fisiológica y productiva de los cultivos hortícolas. En la actualidad es coordinadora del Área Temática de Ingeniería y Tecnología Agroalimentaria de IFAPA y es la Investigadora Responsable del Grupo PAIDI AGR 112 'Horticultura: Agronomía y Protección Vegetal'.

Contacto: evangelina.medrano@juntadeandalucia.es

MÉRIDA GARCÍA, AIDA



Doctora Ingeniera Agrónoma por la Universidad de Córdoba, especializada en el desarrollo de modelos para la gestión y dimensionamiento óptimos para la integración de las energías renovables en las redes de distribución de agua a presión, el uso eficiente del nexo agua y energía en la agricultura y la evaluación del ciclo de vida.

Contacto: g82megaa@uco.es

MERINO PACHECO, MIGUEL



Doctor Ingeniero Agrónomo con especialidad en Economía Agraria por la universidad de Hohenheim (Alemania). Entre 1982 y 1999, tuvo actividad como docente e investigador en las universidades de Hohenheim (Stuttgart) y Humboldt (Berlin). A partir de 2000 hasta 2005, es jefe de redacción de Ediciones de Horticultura. Desde 2006, es asesor independiente, periodista especializado y comunicador en España (2006 – 2012) y Alemania (2013 – actualidad). Numerosas actividades como conferenciante y asesor comercial en España, Alemania, y otros países. Cuenta con decenas de publicaciones técnicas y de divulgación en medios europeos.

Contacto: mittelmeer@gmail.com

MIARNAU PRIM, XAVIER



Dr. Ingeniero agrónomo por la ETSEALL de la Univ. Lleida. Trabaja en el Programa de Fruticultura del IRTA. Especialista en material vegetal y en tecnología de cultivo (poda, nuevos modelos SHD). Responsable del Grupo de Frutos Secos del IRTA. Ha impartido y participado en numerosas actividades de transferencia (jornadas y conferencias) en España y el extranjero, destinadas a técnicos y agricultores del sector de los frutos secos (más de 200). Trabaja en distintos proyectos de I+D+t tanto a nivel español como europeo (aprox. 20). Ha participado en distintos congresos nacionales e internacionales de frutos secos, formado parte del comité científico en algunos. Es autor de artículos científicos, de divulgación y ha realizado contribuciones a congresos nacionales e internacionales (64). Es miembro de la ISHS y la SECH.

Contacto: Xavier.Miarnau@irta.cat

MOLINA AIZ, FRANCISCO DOMINGO



Profesor Titular de Universidad del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Almería. Cursó los estudios de Ingeniero Agrónomo en las Universidades de Córdoba y de Rennes (Francia), y de Doctor Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Almería. Posee una dilatada experiencia en tecnología de invernaderos, en control climático y en ventilación natural.

Contacto: fmolina@ual.es

MORENO TERUEL, MARÍA DE LOS ÁNGELES



Doctora Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Almería en el año 2021. Es investigadora en el grupo de investigación de Ingeniería Rural (AGR 198) de la Universidad de Almería. Trabajada en el control climático en invernaderos, más concretamente, en determinar la influencia de diferentes sistemas de control climático sobre la actividad fotosintética de los principales cultivos.

Contacto: mamorenoteruel@ual.es

NAMESNY VALLESPÍR, ALICIA



Doctora Ingeniera Agrónoma por la UPV. Comenzó su carrera profesional en la Facultad de Agronomía de Uruguay, en las cátedras de Fitopatología y Fruticultura. Muy vinculada al mundo de la divulgación en tecnología agrícola, ha impartido diversos cursos y ha editado varios libros y revistas técnicas. En la actualidad es la directora de los portales web Poscosecha.com y Postharvest.biz y colabora con Tecnología Hortícola, Actual Fruveg y Biblioteca Horticultura.

Contacto: info@poscosecha.com

NAVARRO CASTILLO, JOSÉ ÁNGEL



Ingeniero Técnico Agrícola máster en PRL y en Paisajismo. Ha trabajado en control biológico, la mejora tecnológica en cultivos hortofrutícolas protegidos, asesoría técnica, proyectos de investigación, docencia universitaria, participando en numerosas publicaciones y en encuentros de carácter técnico y divulgativo. También ha trabajado en ECOVALIA y CAAE, certificadora ecológica de referencia de ámbito internacional en la que ocupa actualmente el puesto de director de certificación.

Contacto: janavarro@caae.es

PÉREZ DE LOS COBOS, FELIPE

Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y de los Sistemas Biológicos y Máster en Bioinformática por la Universidad Politécnica de Cartagena. Empezó su carrera científica y profesional en el CEBAS-CSIC de Murcia, trabajando como mejorador vegetal en el grupo de mejora genética de almendro. Actualmente, continúa con su investigación sobre mejora genética de almendro en el CRAG de Barcelona y el IRTA Mas Bove de Tarragona, donde lleva a cabo su tesis doctoral.

Contacto: felipe.perezdelosco@irta.cat

OLIVA, ROCÍO M.

Doctora Ingeniera Agrónoma por la Universidad de Almería con amplia experiencia en investigación sobre medidas de control de plagas, especialmente, en barreras físicas. Actualmente es profesora de la Universidad Católica de Ávila. Los resultados de sus investigaciones han promovido la creación del Laboratorio para el Desarrollo y Evaluación de Agrotexiles de la Universidad de Almería. También ha contribuido a la redacción de normas relacionadas con las prestaciones y propiedades de los agrotexiles como secretaria del Grupo de Trabajo GT 9 “Agrotexiles” perteneciente al Comité Técnico de Normalización CTN 40 “Industrias Textiles” de AENOR.

Contacto: rocio.oliva@ual.es

PALOMAR PEÑALBA, CARLOS

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid y Máster en Business Administration por el IE Business School. En septiembre de 2006, fue nombrado Director General de la Asociación Empresarial para la Protección de las Plantas (AEPLA). Anteriormente a esta posición, ha desarrollado la mayor parte de su carrera profesional en empresas del sector fitosanitario.

Contacto: comunicacion@aepla.es

PAPASSEIT I TOTOSAUS, PERE



Con más de 40 años dedicados profesionalmente al mundo de la horticultura, ha participado en numerosas iniciativas y proyectos en este campo. Vendedor de semillas hortícolas y dirección de una fábrica de plásticos agrícolas en Almería. Editor de la revista Horticultura (1982 – 2010) y del sitio web www.horticom.com (1995), Pere ha sido también fundador de la “Asociación 5 al Día” en España y promotor de Fruit & Veg European Project. Actualmente es el coordinador de Tecnología Hortícola, Biblioteca Horticultura y ACTUAL FruVeg.

Contacto: papasseit.pere@horticulturablog.com

PARRA GÓMEZ, SALVADOR



Dr. Ingeniero Agrónomo y Ldo. CC Ambientales. Funcionario de carrera del Cuerpo Superior Facultativo de Ingenieros Agrónomos de la Junta de Andalucía desde el año 2000. Director del PN Sierra María Los Vélez y Director del Centro IFAPA -La Mojonera. Área de investigación ligada a la sostenibilidad económica-ambiental de la horticultura protegida mediterránea.

Contacto: salvador.parra@juntadeandalucia.es

PEÑA FERNÁNDEZ, ANA ARACELI



Ingeniera Agrónoma y Doctora Ingeniera Agrónoma por la ETSIAM de la Universidad de Córdoba, así como Experta en Elementos Finitos por la UNED. Realiza su actividad Docente e Investigadora como Profesora Titular en el Departamento de Ingeniería de la Universidad de Almería. Obtuvo el Premio Extraordinario a la Mejor Tesis Doctoral. Ha realizado también labores de gestión como Subdirectora de Estudios de Agronomía de la Escuela Politécnica Superior y como Directora de Secretariado de Coordinación de Infraestructuras y Equipamientos.

Contacto: apfernan@ual.es

PRIMO-MILLO, EDUARDO†

Dr. Ingeniero Agrónomo por la Universitat Politècnica de València (UPV). Profesor de Investigación del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) en la especialidad de Citricultura. Fue Director del Dept. de Citricultura del IVIA desde 1977 a 1993. Director General de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Conselleria de Agricultura de la Comunitat Valenciana, desde julio de 1993 hasta mayo de 2008. Director del IVIA en los años 2013-2014. Publicó más de cien de artículos de investigación en revistas indexadas y varios artículos de divulgación técnica.

RALLO, LUIS

Profesor Emérito de la Universidad de Córdoba. Coordinador de la Red de Bancos de Germoplasma de Olivo del Consejo Oleícola Internacional Investigación en Olivar: Recursos genéticos y mejora varietal, fisiología reproductiva, cultivo de setos. Libros: “El Cultivo del Olivo” (7 ediciones, 30.000 ejemplares). “Olive Growing” (2010). “Las variedades de olivo cultivadas en España” Libro Agrícola del Año 2005. Programas de mejora sobre adaptación a seto, falta de frío invernal y resistencia a *Verticillium* y *Xylella*. Variedades registradas: ‘Sikitita’, ‘Sikitita 2’ y ‘Martina’. Académico de Georgofili (Italia). Premio Andalucía de Investigación (2007). Presidente Comité Científico 28 th International Horticultural Congress (IHC), Lisboa (2010). Fellow de la International Society for Horticultural Sciences (2014).

Contacto: ag1rallo@uco.es

RALLO MORILLO, PILAR

Dra. Ingeniera Agrónoma y Profesora Titular de la Universidad de Sevilla. Imparte docencia en el Grado de Ingeniería Agrícola y en el Máster de Ingeniería Agronómica de la ETSIA. Sus líneas de investigación se centran en la mejora genética, en la implementación de sistemas de cultivo mecanizables en el olivar de mesa, y en el estudio de las causas que provocan la mayor o menor sensibilidad al daño mecánico en el fruto, principal limitación a la mecanización de la recolección en aceituna de mesa. Es responsable del Programa de mejora genética de olivo de la US desde su inicio en 2003.

Contacto: prallo@us.es

RODRÍGUEZ DÍAZ, JUAN ANTONIO



Profesor Titular del área Ingeniería Hidráulica del Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba, mis líneas de investigación se centran en la ingeniería del riego, la optimización del nexo agua y energía en el regadío y la implementación de las energías renovables en redes de distribución de agua

Contacto: jarodriguez@uco.es

ROMERO AROCA, AGUSTÍ J.



Doctor Ingeniero Agrónomo por la UdL, coordinador del Equipo de Olivicultura y Elaiotecnica del IRTA y experto en evaluación industrial de frutos secos. Coautor de más de 100 artículos científicos en revistas indexadas y más de 80 de divulgación. Actualmente, participa en diversos proyectos científicos para el estudio del comportamiento industrial de la almendra en diferentes líneas de proceso, la heredabilidad de caracteres industriales y su aplicación a programas de mejora genética, la tipificación de frutos secos de montaña, así como en el desarrollo de marcadores químicos relacionados con la zona de origen de distintos frutos secos.

Contacto: agusti.romero@irta.cat

ROS I SAQUES, JOAQUIM



Ingeniero T. Agrícola especializado en Horto-fruticultura y MBA en Empresas Agroalimentarias, en colaboración con el Instituto de Gestión Internacional Agro-Alimentaria (IGIA), Francia. Ha desarrollado la mayor parte de su vida profesional en la gestión de una Unidad Alimentaria (Mercabarna) como Director de Mercados Mayoristas y Promoción y Director de Explotación (1987-2013). También, estuvo al frente del Mercado de Frutas y Hortalizas (1983-1987). Antes (1975-1983) fue el Director de Explotación de MIGJORN, S.A. En el inicio de su vida profesional (1972-1975) trabajó en empresas de Servicios Agrarios (CIFE, S.A) y ZELTIA AGRARIA, S.A. En estos momentos disfruta de la jubilación.

Contacto: jrossaques@gmail.com

ROSELLÓ MARTÍNEZ, ALBERT



Ingeniero Agrónomo (Universitat de Lleida). Director de agZOOM-Smart Water point en la empresa SAFSAMPLING. Participa en el desarrollo multidisciplinar de hardware y software para las soluciones comerciales basadas en IoT del sector agrícola. Su principal dedicación se basa en la evolución del software agZOOM en función de las necesidades de los clientes en los mercados de Europa, América y norte de África. Trabaja también con la integración de sensores en distintos sistemas de captación de datos y comunicación con el objetivo de evaluar la tecnología con potencial en la gestión de las necesidades hídricas de los cultivos y riesgo de plagas o enfermedades.

Contacto: albert@safsampling.com

ROVIRA CAMBRA, MERCÈ



Trabaja como investigadora en el Programa de Fruticultura del IRTA. Licenciada en Biología por la Univ. Barcelona y Dra. por la Univ. de Lleida. Experta en material vegetal de frutos secos y especializada en biología floral. Participación en proyectos nacionales e internacionales: 42 (39 nacionales, 8 como coordinadora, 3 europeos). Artículos científicos: 27 y de divulgación: 75; capítulos de libros: 8 y libros: 1. Contratos con el sector: 20. Contribuciones a congresos nacionales e internacionales: 115. Ha participado en distintos congresos internacionales de Frutos Secos y en algunos comités científicos. Miembro del ISHS y de la SECH. Es coordinadora de la Red de Frutos Secos de FAO-CIHEAM. Responsable del Banco Germoplasma de *Corylus avellana* L. y de los exámenes DHE de la OEVV (Ministerio de Agricultura) de la OCVV..

Contacto: Merce.Rovira@irta.cat

ROVIRA MÁS, FRANCISCO



Francisco Rovira Más se doctoró en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (EEUU) en 2003. En la actualidad, Francisco es Catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia, Subdirector de Relaciones Internacionales en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (ETSIAMN), Director del Laboratorio de Robótica Agrícola (ARL), y coordinador de la Sección III de la asociación internacional CIGR.

Contacto: frovira@dmta.upv.es

RUBIO MORENO, JUAN MIGUEL



Ingeniero Técnico Agrícola Especialidad Hortofruticultura y Jardinería por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). Desde el año 2003, realiza trabajo técnico de producción en viveros de frutales y ornamentales. Co-fundador de la empresa Caliplant Agro S.L., actualmente desarrolla su actividad como técnico-comercial de la empresa.

Contacto: juanmiguel@caliplant.com

RUIZ, MANOLO



Con 25 años de experiencia en sector ornamental, Manolo Ruiz es Ingeniero Técnico Agrícola por la Universidad de Sevilla. Comenzó su carrera profesional como docente en distintos cursos formativos organizados por la Junta de Andalucía y, tras algunos años como asesor técnico fitosanitario para cultivos de flor cortada en Cádiz, empezó a trabajar en la empresa multinacional de semillas Sakata donde ha venido realizando diversas funciones en distintas áreas y países. Se ha especializado en cultivos ornamentales, aunque sus inicios en Sakata los dedicó también al desarrollo de variedades hortícolas en Andalucía Occidental. Su función en la actualidad en Sakata Ornamentals es la de Sales Area Manager para el Sur de Europa.

Contacto: mrmanoloruiz@gmail.com

SAIZ RUBIO, VERÓNICA



Verónica Saiz Rubio es Ingeniera Agrónoma y doctora en Robótica por la Universitat Politècnica de València e Ingeniera Mecánica por la Linnéuniversitetet (Suecia). Realizó una estancia postdoctoral en Kioto, Japón. Como miembro del Agricultural Robotics Laboratory de la UPV ha participado en los proyectos europeos VineRobot y VineScout, y ha sido receptora de cinco premios de investigación.

Contacto: vesairu@upv.es

SALLERAS MARCÓ, JOSÉ MARÍA



Doctor Ingeniero Agrónomo por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, realizó un Programa de Alta Dirección de Empresas (PADE) por la IESE Business School. Ha sido fundador del laboratorio de Técnicas Cife, S.A. especializado en análisis de suelo, foliares y aguas en Girona, Director General de las fincas agrícolas del grupo Raventós i Blanc, S.A. en las provincias de Barcelona, Lleida y Tarragona y Subdirector General de EXPASA Agricultura y Ganadería, S.A. Ha trabajado como profesor de Cultivos Herbáceos de 6º curso en la hoy ETSEA de la UdL. Actualmente, es Specialist General Adjuster de Crawford & Company (España), S.A.

Contacto: jmsalleras@gmail.com

SAMBLÁS PUNZANO, ENCARNACIÓN



Ingeniera técnica Agrícola. Ha trabajado como Técnico de campo en empresas de producción, llevando la dirección técnica, gestión y coordinación de equipos, realizado asesoramiento técnico a agricultores en producción Integrada, control biológico y en gestión y aplicación de normas de calidad. Como autónoma ha trabajado en formación agraria no reglada, impartiendo cursos de diversas disciplinas técnicas relacionadas con la agricultura. Su interés profesional y formación complementaria se centra en la sostenibilidad de la agricultura intensiva, la agricultura ecológica, la agroecología, la formación y la docencia. Actualmente es técnica del proyecto Recicland.

Contacto: encarnacion.samblas@juntadeandalucia.es

SEGURA PÉREZ, MARÍA LUZ



Doctora en Ciencias Químicas por la UAM. Desarrolla su actividad profesional como investigadora titular en el Área de Recursos Naturales y Forestales, del IFAPA. Máster en "Fertilizantes y Medio Ambiente" por la UAM (1996). Ha desarrollado 50 proyectos (investigación, transferencia y convenios con empresas), más de 200 publicaciones en revistas especializadas, dirigido 21 trabajo de investigación, editor, autor o coautor de 12 libros, dirección y participación en 5 asistencias técnicas a requerimiento de empresas y ponente en más de 140 cursos y jornadas.

Contacto: marial.segura@juntadeandalucia.es

TÉLLEZ NAVARRO, MARÍA DEL MAR



Técnico Especialista Principal del Área de Protección de Cultivos del Centro IFAPA La Mojonera. Actividades relacionadas con el control biológico de plagas en cultivos hortícolas protegidos. Coordinadora y participante en proyectos de investigación y experimentación, así como en contratos con empresas, todos ellos relacionados con el control biológico de plagas. Autor y coautor de publicaciones científicas y divulgativas. Actividad formativa y de transferencia como participante en máster, cursos, seminarios y jornadas dirigida a técnicos y agricultores tanto externas como organizadas por IFAPA.

Contacto: mmar.tellez@juntadeandalucia.es

TEJEDO TORMO, VICENTE



Doctor Ingeniero Agrónomo por la UPV y funcionario de carrera desde 1991. Actualmente, es el Director de la Estación Experimental Agraria (EEA) de Vila-Real, perteneciente a la Conselleria de Agricultura de la Generalitat Valenciana. También, ha desempeñado los cargos de Jefe del Servicio de Desarrollo Tecnológico, del Área de Protección Agroalimentaria, del Área de la Oficina Estratégica de la Conselleria de Agricultura y ha sido Director Territorial de Castellón de la Conselleria de Bienestar Social y Director General de Calidad Ambiental de la Conselleria de Medio Ambiente.

Contacto: tejedo_vic@gva.es

TORNEL, MANUEL



Ingeniero agrónomo y Doctor en investigación agraria, dirige el equipo de uva de mesa del IMIDA, instituto público de investigación agraria en Murcia, el cual desarrolla junto a ITUM un programa de mejora genética para obtener nuevas variedades de uva de mesa sin semilla con el uso de técnicas biotecnológicas como el cultivo in vitro para la obtención de plántulas y marcadores moleculares en preselección. Obtenedor de 18 nuevas variedades que ya se cultivan en España; las primeras fincas comerciales se están plantando en otros países. Dos de las variedades tienen genes de resistencia al oídio; ahora nos centramos en la agricultura ecológica y mayor contenido en compuestos bioactivos Autor de publicaciones científicas y ponente en congresos internacionales.

Contacto: manuel.tornel@carm.es

VALERA MARTÍNEZ, DIEGO LUIS



Catedrático del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Almería. Cursó los estudios de Ingeniero Agrónomo y Doctor Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Córdoba. Posee una dilatada experiencia en tecnología de invernaderos. Actualmente es el Vicerrector de Investigación e Innovación de la Universidad de Almería, así como Presidente de la Junta Rectora del Parque Natural Cabo de Gata – Níjar.

Contacto: dvalera@ual.es

VAN DER BLOM, JAN



Doctor en Biología, especializado en entomología por la Universidad de Utrecht. Desde 1994 hasta 2003, jefe de I+D de Koppert Biological Systems B.V. en España. Inicialmente, estaba dedicado a la implementación de la polinización con abejorros en tomate, aunque pronto cambió el enfoque al control biológico de plagas, con los primeros éxitos a gran escala en el Campo de Cartagena. Desde 2003, trabaja en COEXPHAL. Coordina las actividades del Dpto. de Técnicas de Producción, que ha estado muy involucrado en la implementación de control biológico, y en la sostenibilidad general del sistema productivo en la horticultura bajo cubierto.

Contacto: jvdblom@coexphal.es

ZAPATA SIERRA, ANTONIO JESÚS



Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba. Actualmente es Profesor Titular de Universidad en Ingeniería Hidráulica. Ha publicado 7 libros docentes y presentado 42 ponencias a congresos especializados, así como 23 artículos en revistas del SCI. Ha participado en 16 Proyectos de Investigación y 21 Contratos de Investigación con empresas. Ha ocupado el puesto de Subdirector de los estudios de Agronomía y Coordinado diferentes títulos oficiales. Actualmente es subdirector de Infraestructuras de la Universidad de Almería. También, es Delegado Provincial de Almería del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Andalucía.

Contacto: ajzapata@ual.es

Tecnología hortícola mediterránea: Evolución y futuro



ESPECIALISTES EN SERVEIS PER A LA PRODUCCIÓ EDITORIAL, SL

Doctor Manuel Candela 26, 11^a

46021 VALENCIA – ESPAÑA

Tel.: +34-649 48 56 77 / info@poscosecha.com

NIF: B-43458744

www.poscosecha.com

www.postharvest.biz

www.bibliotecahorticultura.com

www.tecnologiahorticola.com

www.actualfruveg.com

