
Mollerussa, 19-20 octubre 2022

XXVII JORNADA FRUTÍCOLA



IRTA^R

Instituto
de Investigación y Tecnología
Agroalimentarias



Diputació de Lleida



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural**

Con el apoyo de



Patrocinadores



Patrocinadores



ÍNDICE

	Página
Agricultura regenerativa: te lo explicamos Sra. Georgina Alins, programa Fruticultura IRTA.	9
Rhizopus spp.: otro hongo emergente que afecta a la fruta de hueso. ¿Qué sabemos? Sra. Carla Casals, programa Poscosecha IRTA	15
La gestión de la alternariosis del manzano, ¿un caso de éxito? Sr. Jordi Cabrefiga, programa Protección vegetal sostenible IRTA	21
Variedades de manzana. ¿Tenemos alguna que tolere un año como este? Srs. Joaquim Carbó y Jaume Lordan, programa Fruticultura IRTA	32
Cómo mejorar la eficiencia en la recolección Sr. Estanis Torres, programa Fruticultura IRTA	45
Exposición comentada de variedades de melocotón y nectarina. Sra. Gemma Reig, programa Fruticultura IRTA	56
Nuevos sistemas de formación en manzano, más densidad con menos árboles Sr. Jaume Lordan, programa Fruticultura IRTA	70
¿Se puede producir fruta bajo paneles fotovoltaicos? Sr. Luis Asín, programa Fruticultura IRTA	80
Lucha química contra las heladas Sr. Estanis Torres, programa Fruticultura IRTA	90
Sistemas de protección contra heladas primaverales en frutales Sr. Miquel Peris, programa Fruticultura IRTA	101
¿Han funcionado correctamente los sistemas de aspersión esta primavera? Sr. Carlos Faro, programa Fruticultura IRTA	115
Razones por las que los sistemas de riego por aspersión pueden fallar Sr. José Paulo de Melo e Abreu, Universidad Lisboa	121

XXVII JORNADA FRUTÍCOLA DE MOLLERUSSA

19-20 octubre 2022

Días

19 octubre (catalán)
20 octubre (castellano)

Lugar

Finca IRTA Mollerussa
Ctra. de Mollerussa a
Torregrossa, km 3
25230 Mollerussa

Inscripciones

La jornada es gratuita pero es necesario inscribirse previamente en este enlace:

[Enlace inscripciones](#)

Emisión en directo

Conéctate en la cuenta de IRTA en YouTube (irtacat) para seguir las ponencias.

La ponencia sobre el proyecto demostrativo RECFRUIT, 'Mejora del rendimiento de recolección de fruta' está financiada a través de la Operación 01.02.01 de Transferencia Tecnológica del Programa de Desarrollo Rural de Cataluña 2014-2020.

Para más información
Montse Palau
montserrat.palau@irta.cat

PROGRAMA

- 9.25 h **Bienvenida**
- 9.30 h **Agricultura regenerativa: te lo explicamos**
Sra. Georgina Alins, programa Fruticultura IRTA. 
- 9.45 h **Rhizopus spp.: otro hongo emergente que afecta a la fruta de hueso. ¿Qué sabemos?**
Sra. Carla Casals, programa Postcosecha IRTA.
- 10.05 h **La gestión de la alternariosis del manzano, ¿un caso de éxito?**
Sr. Jordi Cabrefiga, programa Protección vegetal sostenible IRTA.
- 10.25 h **Varietades de manzana. ¿Tenemos alguna que tolere un año como éste?**
Srs. Joaquim Carbó y Jaume Lordan, programa Fruticultura IRTA.
- 10.45 h **Pausa café**
- 11.30 h **Cómo aumentar el rendimiento de recolección (proyecto RECFRUIT)**
Sr. Estanis Torres, programa Fruticultura IRTA. 
- 11.50 h **Varietades de melocotón y nectarina (agosto-septiembre): producción y calidad del fruto**
Sra. Gemma Reig, programa Fruticultura IRTA. 
- 12.20 h **Nuevos sistemas de formación en manzano, más densidad con menos árboles**
Sr. Jaume Lordan, programa Fruticultura IRTA.
- 12.40 h **¿Se puede producir fruta bajo paneles fotovoltaicos?**
Sr. Luis Asín, programa Fruticultura IRTA. 
- 13.00 h **Comida**
- 15.30 h **Estaciones de campo**
¿Y si no podemos aplicar herbicidas? Control mecánico de la cubierta vegetal bajo los árboles
Sr. Carlos Faro, programa Fruticultura IRTA.
Demostración de aplicación de fitosanitarios con drones en frutales
Sr. Luis Asín, programa Fruticultura IRTA. 
Gestión de residuos de fitosanitarios. Sistema Heliosec
Srs. Miquel Peris, programa Fruticultura IRTA y Antonio Vera, Syngenta. 
- 16.30 h **Visita libre a los stands**
- Heladas primaverales: ¿nos estamos protegiendo bien?**
- 17.00 h **Lucha química contra las heladas**
Sr. Estanis Torres, programa Fruticultura IRTA. 
- 17.15 h **Sistemas de protección contra heladas**
Sr. Miquel Peris, programa Fruticultura IRTA. 
- 17.30 h **¿Han funcionado correctamente los sistemas de aspersión esta primavera? Sr. Carlos Faro, programa Fruticultura IRTA.**
- 17.45 h **Razones por las que los sistemas de riego por aspersión pueden fallar.** Sr. José Paulo de Melo e Abreu, Universitat Lisboa 
- 18.15 h **Fin de la jornada**

Organiza

IRTA[®]

Institut
de Recerca i Tecnologia
Agroalimentaries

Colabora

 Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural



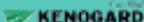
Diputació de Lleida

Eponsoriza



Patrocina



 SUMITOMO CHEMICAL
 KENOGARD

 Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural

PLA ANUAL 2022
DE TRANSFERÈNCIA TECNOLÒGICA

20
ANYS

220322 / 5,00

PROGRAMA DEMOSTRACIONES DE CAMPO 19-20 octubre

10.00 h

SEMIOS: Digitalización de la parcela para una agricultura de precisión

Conoceremos de primera mano la información que nos proporcionan los equipos y las ventajas que tienen las nuevas tecnologías de campo. Información precisa para una agricultura de precisión, trampas de monitoreo con cámara, la nueva era de la confusión sexual y mucho más.



10.20 h

NOVAFRUT - NOVA FRUTICULTURA, SL: Nuevos sistemas para fijar la red antipiedra y las redes antiinsectos en las instalaciones

Diferencias y ventajas de los diferentes sistemas antipiedra que Novafрут instala. Novedades en materiales para el tutorado de los frutales: protectores, hilo para atar y otros.



10.40 h

COMPO EXPERT SPAIN: Aplicación Invelop® White Protect en campo

La aplicación de Invelop® White Protect permitirá una doble acción de defensa en la planta. Por un lado, protegerá de los ataques de insectos de manera preventiva y actuará como barrera solar. Y por otro lado, mezclando el producto con un fitosanitario, mejoraremos la aplicación amplificando los efectos.



11.00 h

MOTOR TÀRREGA: Nueva gama de tractores New Holland

Nueva generación de tractores New Holland. Cabina plana de vanguardia, nuevos motores más eficientes y la máxima equipación para cualquier tipo de aplicación.



11.20 h

CONTROL HELADAS: Sistema de control de heladas con baja aplicación de agua en funcionamiento

Veremos el sistema de control de heladas con baja aplicación de agua.



11.40 h

FAMA: Descripción y demostración de poda mecánica en seto con la podadora FAMA Mod. CKP

Máquina podadora en seto, modelo CKP de cuchillos con mando hidráulico para adaptar el corte lateral, topping y zona baja de cada hilera.



12:00h

UPL: Pixofarm. Monitoreo digital y optimización de la cosecha

Incorporamos a nuestro portafolio de soluciones digitales el app Pixofarm con la que agricultores, técnicos y asociaciones podrán, de manera simple y económica, realizar un monitoreo preciso del cultivo optimizando así los recursos necesarios en campo, logística y venta. Descubra el poder de tener en su mano la distribución precisa de calibres, cantidad y previsión de cosecha.



Organitza

IRTA

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries

Col·labora

Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural



Diputació de Lleida

Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural

Esponsoritza



Patrocina



SUMITOMO CHEMICAL
KENOGARD

PLA ANUAL 2022
DE TRANSFERÈNCIA TECNOLÒGICA

20
ANYS

220322 / 5,00



Agbar

AGRICULTURA RENTABLE Y SOSTENIBLE

SOLUCIONES INTEGRALES HECUS™
High Efficiency Cultivation System

Para cultivos de alto valor que maximizan
la rentabilidad y competitividad de una forma segura
y sostenible con el medioambiente

957 115 207 | agricultura@agbar.es | agbaragriculture.com



Agricultura regenerativa: te lo explicamos

Georgina Alins i Glòria Àvila, IRTA - Programa Fruticultura

Introducción

La agricultura es una actividad humana que apareció de forma más o menos simultánea en diferentes lugares del planeta hace unos 10.000 años para dar respuesta a uno de los grandes retos al cual se enfrenta la humanidad: la supervivencia. Además, su aparición comportó toda una serie de cambios drásticos que fueron más allá del abastecimiento regular de alimentos: permitió la proliferación de asentamientos estables y por tanto de pueblos y ciudades, sus excedentes hicieron posible la aparición del comercio, transformó el paisaje allá donde estaba presente y en consecuencia, las zonas de cultivo experimentaron cambios en la biodiversidad y el suelo, entre otros.

Todos estos efectos se fueron haciendo más notables a medida que la tecnología iba avanzando y las necesidades de proveer alimentos para población mundial incrementaban. La Revolución Verde (años 60 del siglo XX), que permitió incrementar notablemente las cosechas, condujo también a un paradigma productivo que excedía los límites planetarios y por tanto lo hacía insostenible. Así pues, actualmente nos afrontamos a un doble reto: garantizar la supervivencia humana y la del planeta.

Desde finales del siglo XX toman fuerza diferentes movimientos tanto a nivel científico, técnico y social para dar respuesta a esta doble demanda: agricultura ecológica, agricultura integrada, agroecología, agricultura inteligente, intensificación sostenible, agricultura regenerativa, etc. De estas aproximaciones, probablemente la agricultura regenerativa es la menos conocida y la única que sitúa el suelo como eje vertebrador de la sostenibilidad económica, ambiental y social de la actividad agraria.

Te lo explicamos

Una de las características que diferencia la agricultura regenerativa del resto de "agriculturas alternativas" es la falta de una definición consensuada (Schreefel et al., 2020; Giller et al., 2021). Así como existe un acuerdo sobre lo que se entiende en relación a la agricultura ecológica, la integrada o la agroecología, el cual se ve reflejado a través de diferentes tipos de publicaciones (libros blancos, artículos científicos, normativas legales, etc.), no hay un marco conceptual único en el caso de la agricultura regenerativa. De hecho, desde sus inicios en los años 80 del siglo XX, la definición de agricultura regenerativa se encuentra en constante evolución originando, incluso, diferentes paradigmas productivos. No obstante, a partir de las últimas revisiones bibliográficas (Merfield, 2019; Newton et al., 2020; Schreefel et al., 2020; Giller et al., 2021; O'Donoghue et al., 2022) se pueden encontrar puntos en común en cuanto a sus objetivos y prácticas agronómicas.

Objetivos

Los objetivos que caracterizan la agricultura regenerativa giran alrededor del suelo y la biodiversidad:

- Restaurar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (salud del suelo)
- Incrementar el secuestro de carbono
- Recuperar la biodiversidad

No obstante, se debe tener presente que la agricultura regenerativa pretende reparar el daño que ha provocado la práctica de la agricultura convencional al ecosistema y por tanto, habrá que analizar la situación particular de cada explotación para detectar qué o qué aspectos concretos hay que regenerar o incluso mejorar (Font y Madeo, 2022). Uno de los ejemplos más emblemáticos

lo encontramos en los cultivos extensivos donde el labrado excesivo y la ausencia de una cobertura vegetal permanente han provocado una degradación grave de las propiedades del suelo. En este contexto, la incorporación de la siembra directa en la gestión de las explotaciones de cultivos extensivos ha supuesto un paso importante en el logro de los objetivos anteriormente mencionados (Domingo y González, 2019).

En cambio, en cultivos frutícolas puede costar identificar qué hay que regenerar. Por ejemplo: una finca de frutales en regadío con un suelo no compactado y sin problemas de encharcamiento, donde se pican los restos de poda y por tanto se minimiza la exportación de nutrientes y materia orgánica, que tiene una cubierta vegetal permanente en el centro de la calle que protege el suelo contra la erosión, que para minimizar la aplicación de fitosanitarios se utilizan modelos predictivos, umbrales económicos de tratamientos y se emplea feromonas y/o atrayentes para el control de plagas, y que fertiliza de manera orgánica. En este caso habrá que poner énfasis en la mejora del conjunto de prácticas agrícolas para hacerlas todavía más sostenibles y resilientes y con capacidad de restaurar la salud y calidad del suelo y potenciar la biodiversidad.

Prácticas en frutales

Una vez están claramente identificados los objetivos, es decir, qué aspectos se tienen que regenerar y/o qué mejorar, es el momento de decidir cuáles son las prácticas agrícolas que hay que implementar. Hay que mencionar que la agricultura regenerativa pone el énfasis en los resultados que se pretenden conseguir (outcomes) en lugar de las herramientas utilizadas (inputs). En cambio, otros sistemas de producción alternativos, como la agricultura ecológica o la agricultura integrada, se definen, al menos en parte, a través de un listado de productos permitidos (inputs).

Por lo tanto, estos son sistemas de producción acotados por una normativa, que desde el punto de vista ejecutivo es práctico, pero por el contrario, esta normativa puede acontecer un limitante técnico y/o económico. En cambio, en agricultura regenerativa esto no sucede y en consecuencia es una agricultura que pone la tecnología y el conocimiento al servicio de los objetivos. Por ejemplo, en caso de tener

un suelo muy compactado se podría pensar al realizar trabajos del suelo en profundidad, aunque una de las prácticas que caracteriza la agricultura regenerativa es la reducción del labrado del suelo (Tabla 1).

En cuanto al conjunto de prácticas agrícolas que varios autores asocian a la agricultura regenerativa y que son aplicables en frutales, podemos distinguir aquellas que ya son una práctica habitual (es importante poner en valor las aportaciones positivas que los profesionales de la agricultura están realizando) de aquellas que todavía no lo son (Tabla 1).

Por ejemplo, la presencia de una cubierta vegetal en la calle de los árboles es una práctica habitual en frutales la cual tiene múltiples beneficios: protege el suelo de la erosión causada por la lluvia y el viento, favorece la infiltración del agua al suelo, permite una entrada más rápida de la maquinaria después de lluvias, y si es diversa desde el punto de vista botánico, explora diferentes profundidades del suelo y por tanto es más eficiente en la prevención de la compactación y movilización de nutrientes, y ofrece hábitat y recursos alimentarios a un abanico más amplio de fauna auxiliar.

En cambio, no es frecuente que esta cubierta esté bajo la fila de los árboles puesto que se acostumbra a aplicar herbicida a esta zona. Dado que una de las prácticas agrícolas en agricultura regenerativa consiste en minimizar el uso de productos de síntesis, implementar alternativas a los herbicidas podría convertirse en una práctica habitual. Por ejemplo, se podría gestionar la cubierta vegetal de debajo de la fila de los árboles con un mínimo trabajo del suelo, mediante control mecánico de la capa herbosa o incluso con la implementación de cubiertas vegetales poco competitivas con el cultivo (Vilardell et al., 2019; Àvila et al., 2022).

Tal y como se ha comentado anteriormente, no hay una definición consensuada sobre qué es la agricultura regenerativa y qué la caracteriza. En este sentido, se podría decir que uno de los puntos donde hay menos consenso es el que hace referencia a la aplicación de productos fitosanitarios. Algunas corrientes entienden que los productos fitosanitarios (tanto los de síntesis química como los

Tabla 1. Relación de prácticas a escala de finca y de paisaje sugeridas por la literatura para lograr los objetivos de la agricultura regenerativa (tabla elaborada a partir de EASAC (2022)). 'x': indica que hay consenso, '(x)': indica que no hay consenso.

Práctica agrícola	Capacidad de fijación y secuestro de carbono	Capacidad para incrementar la biodiversidad	Práctica en frutales
Conversión de tierras cultivables en pastos	x	x	
Gestión de pastos (per capturar carbono)	x	x	
Bosque (pastos de bosque; <u>silvopasto</u>)	x	x	
Plantaciones de árboles autóctonos en tierras de cultivo	x	(x)	
Agroforestería	x	x	
Setos vegetales, zonas tampón con especies leñosas, cultivos leñosos	x	x	x
Rotaciones de cultivos mejoradas	x		
Diversidad de cultivos en rotaciones	x	x	
Diversidad de cultivos: cultivos asociados	x	(x)	x
Minimizar el labrado: reducido, mínimo o no labrado	x	x	x
Cultivos de cubierta	x		x
Retención de residuos de cultivo/Dejar residuos de cultivo en la superficie del suelo	x		x
Enmiendas orgánicas	x	(x)	x
<u>Biochar</u>	x		x
Cultivos perennes	x		x
Evitar los insecticidas, fungicidas y herbicidas	(x)	x	x
Márgenes de campo, etc. para insectos beneficiosos (principalmente polinizadores y enemigos naturales de las plagas)	(x)	x	x
Bandas florales (polinizadores)		x	x
Bandas tampón (a menudo obligadas por motivos ambientales/de erosión)	(x)	(x)	x
Pastos temporales y barbechos de verano en rotaciones de cultivos		x	
Hábitats naturales y seminaturales		x	x
Mosaicos paisajísticos en el espacio y el tiempo	(x)	x	x
Cambiar de patrones de paisaje de gran escala a pequeña escala, p. ej. reducción del tamaño de los campos	(x)	x	x

de origen natural) no forman parte de la agricultura regenerativa (Rhodes, 2017), otras consideran que la gestión fitosanitaria en producción ecológica es compatible con la agricultura regenerativa (Moyer et al., 2020), y otras, no ven ningún inconveniente en la aplicación de productos fitosanitarios siempre y cuando no haya una alternativa (EASAC, 2022). En cambio, en lo que sí que hay un consenso amplio es en el hecho de que la explotación agrícola también tiene que ser económicamente sostenible. Por eso, en el marco de la agricultura regenerativa sería coherente poner una especial atención al diseñar explotaciones y aplicar sistemas de manejo supresores de plagas y enfermedades.

Por ejemplo, seleccionar material vegetal resistente o poco sensible a plagas y enfermedades, utilizar sistemas de formación que permitan un buen aireamiento del árbol para reducir la incidencia de enfermedades, regular el abonado y el riego para evitar un sobrecrecimiento de las colonias de pulgones, incrementar la presencia de enemigos naturales de las plagas mediante la instalación de bandas florales (en el interior y a los márgenes), setos vegetales y refugios, selección de pesticidas poco tóxicos, uso de semiquímicos para la gestión de ciertas plagas, entre otros.

Uno de los otros puntos clave en agricultura regenerativa es la gestión de la nutrición de los cultivos atendida la estrecha interrelación con la salud del suelo. De hecho, en agricultura regenerativa no se fertilizan las plantas sino el suelo y es el suelo quien provee de nutrientes al cultivo (Gracia et al., 2021; Font y Madeo, 2022). En este paradigma productivo, el contenido de materia orgánica del suelo, la riqueza en microorganismos (especialmente aquellos que establecen relaciones simbióticas con los cultivos) y la presencia de plantas fijadoras de nitrógeno son elementos clave para mantener la fertilidad del suelo.

Con todo, es inevitable que el suelo vaya perdiendo la capacidad de ofrecer nutrientes al cultivo porque anualmente, a través de la cosecha, tienen lugar exportaciones de minerales. Por lo tanto, habrá que devolver al suelo aquello que se le ha extraído. La práctica convencional consiste en la aplicación de fertilizantes solubles que sean fácilmente utilizables por la planta, pero tal y como se ha mencionado en agricultura regenerativa hay que fertilizar el suelo y no la planta.

De este modo, el uso de compost y/o fertilizantes de origen animal son prácticas que contribuyen a lograr este objetivo.

Consideraciones finales

La agricultura regenerativa es un sistema alternativo de producción que va más allá de una colección de prácticas agrícolas para proteger las propiedades del suelo y favorecer la biodiversidad. Es también un movimiento social y posicionamiento filosófico que pretende reparar el daño que ha ocasionado la práctica de la agricultura convencional. En función del contexto, la entrada en la agricultura regenerativa supondrá un cambio radical en la manera de producir, mientras que en otras, implicará una toma de conciencia de las acciones que ya se llevan a cabo para proteger el suelo y la biodiversidad. En cualquiera de los casos, la agricultura regenerativa es una herramienta de reflexión para ayudarnos a lograr el doble reto al cual tenemos que hacer frente: garantizar la supervivencia humana y la del planeta.

Agradecimientos

Este documento ha sido elaborado gracias al apoyo del proyecto "Agricultura Regenerativa a Catalunya" financiado por la línea de Proyectos de Fondo Climático del Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya.

Bibliografía

Àvila, G.; vilardell, P.; Carbó, J. y Alins, G. 2022. Gestión de la cubierta vegetal bajo la hilera de los árboles de manzano a partir de siembras o control mecánico. *Revista de Fruticultura*. (87): 90-95.

Domingo, F. y González, E. 2019. La importància de preservar el sòl agrícola. *Extensius.cat*. 44.

EASAC. 2022. Regenerative agriculture in Europe. A critical analysis of contributions to European Union Farm to Fork and Biodiversity Strategies.

Font, F. y Madeo, N. 2022. Agricultura regenerativa. El perquè, el com y el què Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Giller, K. E.; Hijbeek, R.; Andersson, J. A. y Sumberg, J. 2021. Regenerative Agriculture: An agronomic

perspective. *Outlook on Agriculture*. 50 (1): 13-25.

Gràcia, M.; Broncano, M. J. y Retana, J. 2021. Manual para el diseño e implementación de un modelo agroalimentario regenerativo: el sistema Polyfarming. CREA, Barcelona.

Merfield, C. N. 2019. An Analysis and Overview of Regenerative Agriculture. Report number 2-2019.

Moyer, J.; Smith, A.; Rui, Y. y Hayden, J. 2020. Regenerative agriculture and the soil carbon solution. Rodale Institute,

Newton, P.; Civita, N.; Frankel-Goldwater, L.; Bartel, K. y Johns, C. 2020. What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 4: 577723.

O'Donoghue, T.; Minasny, B. y McBratney, A. 2022. Regenerative Agriculture and Its Potential to Improve Farmscape Function. *Sustainability*. 14 (10): 5815.

Rhodes, C. J. 2017. The Imperative for Regenerative Agriculture. *Science Progress*. 100 (1): 80-129.

Schreefel, L.; Schulte, R. P. O.; de Boer, I. J. M.; Schrijver, A. P. y van Zanten, H. H. E. 2020. Regenerative agriculture – the soil is the base. *Global Food Security*. 26: 100404.

Vilardell, P.; Àvila, G.; Cabrefiga, J.; Bonany, J.; Carbó, J. y Vilajeliu, M. 2019. Eines de gestió de la coberta vegetal a la línia de la plantació d'arbres de pomera. de la coberta vegetal a la línia de la plantació d'arbres de pomera.

codasal premium

tecnología pionera en calcio eficiente

Solución que aporta calcio a lo largo del ciclo de cultivo. Desplaza las sales del bulbo húmedo reduciendo los problemas asociados al estrés salino.



unibrot

cultivo uniforme,
cultivo productivo

Bioestimulante para uniformizar brotación.



osmoplant

el agua en equilibrio

Osmolitos y aminoácidos para el estrés hídrico y altas temperaturas.



kryoss

tolerancia al frío

Bioestimulante para tolerancia a las heladas.



Rhizopus spp.: otro hongo emergente que afecta a la fruta de hueso. ¿Qué sabemos?

Carla Casals, Rosario Torres, Francesca Montull, Neus Teixidó
IRTA - Programa de Poscosecha

Resumen

Estamos ante un nuevo escenario en cuanto a la postcosecha de fruta de hueso, especialmente, en algunas zonas productoras de Lleida y Extremadura. *Geotrichum* spp. y *Rhizopus* spp., considerados patógenos secundarios hasta hace unos años, han incrementado su presencia, atribuible a diferentes factores como las altas temperaturas debidas al cambio climático, así como el manejo actual del cultivo, incluyendo los productos fungicidas que se utilizan.

Teniendo en cuenta la problemática y preocupación que implica para el sector, el grupo de Patología junto con el Servicio Técnico, ambos del Programa de Postcosecha del IRTA, hemos comenzado a dedicar esfuerzos para conocer en profundidad la epidemiología y eco-fisiología de estas enfermedades, así como las posibles estrategias de control que podrían ser efectivas. Para el caso de *Rhizopus* spp., se ha ejecutado un 'Grupo Operativo' financiado por los Fondos Europeo Agrícola de Desarrollo Rural y por las empresas del sector Agropecuària de Soses SCCL, Grup Cooperatiu Fruits de Ponent SCCL y SAT Fruita d'Alcarràs.

Además, se ha contado con la participación activa de los técnicos de estas empresas, que aportan su conocimiento y experiencia, lo que constituye una colaboración idónea para una eficiencia máxima. En esta ponencia de la edición XXVII de la Jornada Frutícola de Mollerussa, explicaremos los principales resultados obtenidos.

Introducción

Durante los últimos años se han dedicado muchos esfuerzos a estudiar la epidemiología de la podredumbre marrón, causada por *Monilinia* spp., y a evaluar las estrategias de control y/o prácticas culturales que minimicen el riesgo de infección. De hecho, en la actualidad existen un número importante de formulados químicos registrados para su aplicación en precosecha, con una elevada eficacia para el control de *Monilinia* spp., y dos materias activas autorizadas para su uso en postcosecha (fludioxonil y pirimetanilo), y así controlar y evitar la proliferación del patógeno en la etapa final de la comercialización. Sin embargo, la existencia de formulados químicos para el control de otros patógenos que afectan a la fruta de hueso en postcosecha es muy reducida o nula.

Rhizopus spp. es un patógeno que a lo largo de las publicaciones que existen en el ámbito internacional, se clasifica como uno de los principales patógenos que afectan en postcosecha de fruta de hueso, junto con *Monilinia* spp.¹⁻⁴ Taheri y col. (2018)⁵ indicaron que se trata de una enfermedad impredecible y que puede ocasionar pérdidas importantes, afectando envíos y exportaciones de partidas de fruta enteras. En la zona productora de Lleida, se observa claramente que la presencia de frutos afectados por *Rhizopus* spp. muestra una tendencia a incrementarse, pasando de valores del 1,6% en 2015, al 5,5% en 2020 (Figura 1). En la figura 1, también se puede observar cómo la presencia de frutos afectados por *Monilinia* spp. es estable, oscilando entre el 1 % y el 8,5 %, donde para años más secos la incidencia es inferior y para años con condiciones climatológicas favorables, la incidencia es mayor.

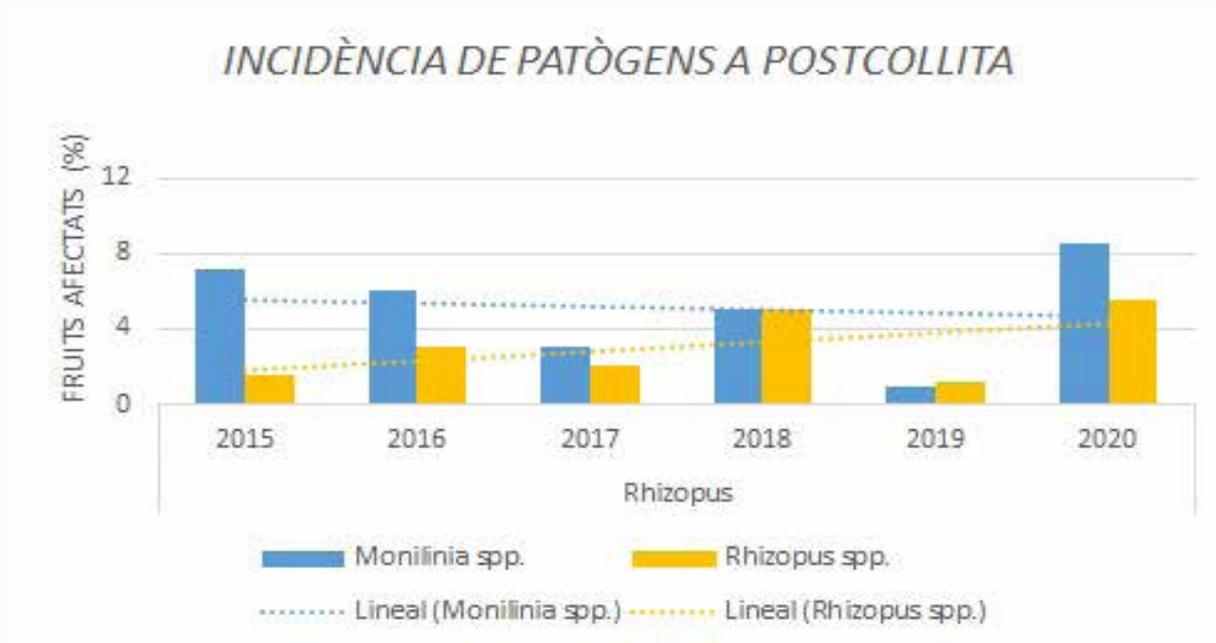


Figura 1. Incidència de fruits afectats per *Monilinia* spp. i *Rhizopus* spp. en el període (2014-2020) en mostres representatives de la zona productora de Lleida i realitzades en el marc del Programa Fruit.Net.

La morfologia de los síntomas que causa *Rhizopus* spp. en la fruta, permiten identificarlo de manera clara y diferenciarlo del resto de patógenos que afectan a la fruta de hueso en postcosecha (Foto 1).

Rhizopus spp. produce una enfermedad de desarrollo rápido, de color marrón, acuosa, blanda y con descomposición interna del fruto. Con el desarrollo de la enfermedad crece una masa de micelio de color blanco con unos esporangios globulares que con el tiempo adquieren una coloración negra.



Foto 1. Fruto afectado por *Rhizopus* spp.

La enfermedad, causada por *Rhizopus* spp., que se llama podredumbre blanda, es una enfermedad re-emergente, ya que hace años que se conoce, pero en los últimos años, su presencia ha incrementado. Existen diferentes factores que podrían haber inducido este incremento de enfermedad, como son los productos fungicidas que se utilizan habitualmente en fruta de hueso por otros patógenos, el cambio climático, y/o el manejo del cultivo en general. En este sentido, se conoce que los productos fungicidas que se usan, sí son efectivos para el control de *Monilinia* spp., en cambio, solo algunos de ellos presentan efectividad para el control de *Rhizopus* spp. Este hecho implicaría una menor competencia de espacio y nutrientes para el desarrollo de *Rhizopus* spp. haciendo más fácil su desarrollo en la superficie de la fruta. Además, el cambio climático (entendido en este caso como incremento de temperaturas) también puede estar jugando un papel importante en el aumento de esta enfermedad observado en los últimos años, ya que se trata de un hongo con un óptimo de crecimiento alrededor de los 30°C, aproximadamente 10°C más que el óptimo para el principal competidor, *Monilinia* spp.

Rhizopus spp. produce una enfermedad de desarrollo rápido, de color marrón, acuosa, blanda y con descomposición interna del fruto. Con el desarrollo de la enfermedad crece una masa de micelio de color blanco con unos esporangios globulares que con el tiempo adquieren una coloración negra.

Ante este escenario, marcado por la presencia e incremento de enfermedades emergentes o re-emergentes como la causada por *Rhizopus* spp. es imprescindible dedicar esfuerzos de investigación para estudiar aspectos diversos como las fuentes de inóculo, la presencia y distribución del patógeno en campo y en la central, así como las condiciones ambientales óptimas y limitantes para su crecimiento.

En este sentido, y dada la preocupación que esta situación ha causado al sector de la fruta de hueso, las empresas citadas previamente, pidieron un Grupo Operativo 'GOMORI' con el fin de abordar los principales aspectos de la enfermedad, tanto en cuanto al conocimiento de la epidemiología como de estrategias de control. En esta XXVII edición de la Jornada Frutícola de Mollerussa, explicaremos los principales resultados obtenidos.

Principales Resultados

Inóculo en campo

Para determinar la presencia de *Rhizopus* spp. en campo, se seleccionaron fincas con histórico de la enfermedad, en concreto fincas de las variedades 'Extreme Red', 'Nectadiva', 'Big Top', 'Nectatinto', 'Plane Star' y 'Flat Red', todas ubicadas en la zona del 'Baix Segre'. En todos los casos, se muestrearon las fincas en periodos próximos a la cosecha, evaluando muestras del suelo, hojas de los árboles y frutos sanos.

Los resultados indicaron que había presencia del patógeno en los 6 campos evaluados y en todos los muestreos que se realizaron: tierra, hojas y frutos. Se observó que para los frutos sanos muestreados en el suelo del campo, después de un periodo de vida útil de 7 días a 20°C, la incidencia de enfermedad osciló entre el 20 y el 60%. En cambio, para los frutos sanos muestreados del árbol, sólo se determinó incidencia de enfermedad en dos de los campos evaluados: 'Extreme Red' y 'Nectadiva', con incidencias de enfermedad del 30 y el 4% de frutos afectados, respectivamente.

Inóculo a poscosecha

El hecho de que se haya detectado *Rhizopus* spp. en las superficies de los frutos, hojas y suelo, de los campos evaluados, implica que con mucha probabilidad, estos llegarán a la central frutícola con la posibilidad de contaminar los envases, el agua del volcador de palots, el agua del hydrocooler,... Además, aunque no es habitual encontrar frutos afectados por patógenos en la recepción de las partidas, en aquellos casos en que haya un retraso de la refrigeración de la fruta, podrían aparecer frutos afectados, que a su vez contaminarían las diferentes superficies de la línea de confección. En este sentido, se conoce que en *Rhizopus* spp., a una temperatura de 25°C, la tasa de progreso de la severidad de la enfermedad oscila entre 0,30 y 0,49 cm día⁻¹. Estos estudios confirman la necesidad de refrigerar la fruta lo más rápido posible. Y será necesario, también, tener presente la necesidad de implementar los protocolos de limpieza y desinfección más adecuados para minimizar las posibles fuentes de inóculo en la central.

La presencia de inóculo en las centrales frutícolas se estudió en 2 empresas de la zona de Lleida, en

diferentes puntos de las mismas: el agua (volcado de palots y hydrocooler), en el ambiente (de las cámaras de conservación y de expedición), en las superficies de las líneas de confección y en los palots. Los resultados indicaron que *Rhizopus* spp. se encontró en todas las zonas evaluadas, tanto superficies como ambientes, indicando el riesgo de infección que supone esto a lo largo del periodo de postcosecha⁶.

Condiciones óptimas para su desarrollo

A diferencia de *Monilinia* spp., *Rhizopus* spp. tiene su óptimo de crecimiento a 30°C. A su vez, *Rhizopus* spp. requiere humedades relativas a alrededor del 80% para un mejor crecimiento. En los estudios que se realizaron in vitro no se observó crecimiento de la colonia de *Rhizopus* spp. a las temperaturas de conservación de 0 y 5°C. Tampoco se observó crecimiento de las colonias en las actividades de agua (agua disponible para el hongo) más bajas evaluadas (0,80 y 0,85). Para las actividades de agua evaluadas, en las que se determinó el crecimiento de la colonia (0,90-0,99), claramente se detectaron dos perfiles de resultados. Para las temperaturas bajas de incubación, al aumentar la actividad de agua incrementaba el diámetro de la colonia, mientras que cuando se evaluaron temperaturas de incubación elevadas, se vio que el crecimiento de la colonia era mayor a actividades de agua más bajas. Esta información eco-fisiología del efecto de los factores abióticos en el crecimiento de *Rhizopus* spp. proporciona información básica imprescindible para la construcción de un modelo de predicción, una herramienta importante que ayudará a mejorar el control de esta enfermedad de una manera más efectiva y sostenible.

Conclusiones

Durante los últimos años, se ha evidenciado un incremento de frutos afectados por *Rhizopus* spp. ya sea causado por el cambio climático o por las estrategias de control de *Monilinia* spp. en fruta de hueso, que cada vez son más eficientes. No se trata de una enfermedad nueva, pero sí se ha observado un incremento de su presencia tanto en campo como central, con las consiguientes pérdidas económicas que implica al sector productor. *Monilinia* spp., el principal patógeno que afecta a la fruta de hueso hasta el momento, ha sido estudiado en profundidad, tanto su epidemiología en campo como en postcosecha, lo que ha permitido aplicar

a campo y a postcosecha, estrategias de control efectivas. Sin embargo, el conocimiento disponible en el ámbito científico de patógenos re-emergentes como *Rhizopus* spp., es muy bajo. Por tanto, se ha detectado la necesidad de focalizar importantes esfuerzos para su estudio. En este artículo, ya se ha descrito información básica de *Rhizopus* spp., aunque hay que seguir investigando con el fin de aportar soluciones prácticas al sector productor. Así, que en un futuro próximo, se pueda controlar esta enfermedad para evitar pérdidas económicas, pero también, evitar el desperdicio alimentario, y contribuir a mejorar la sostenibilidad a lo largo de la producción del cultivo.

Palabras clave

Rhizopus spp., factores abióticos, fruta de hueso, epidemiología

Agradecimientos

Parte de los resultados presentados en este artículo están en el marco del Programa Fruit.Net, pero principalmente, en el marco del Grupo Operativo del 'Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural' de Cataluña, financiado por el 'Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural': 'GOMORI' - Control de *Monilinia* spp. y *Rhizopus* spp. en fruta de hueso mediante nuevas estrategias que no dejen residuos en el momento de la cosecha. Los autores agradecen a las empresas que han participado en este proyecto, Agropecuària de Soses SCCL, Grup Cooperatiu Fruits de Ponent SCCL y SAT Fruita d'Alcarràs, con una mención especial, a los técnicos de las mismas, Lúdia Sans, Martí Botines, Míriam Hernández, Sergi Redondo, Omar Olivella y Sònia Torguet.



Bibliografía

1. Mari, M., Gregorio, R. & Donati, I. Postharvest control of *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer* in stone fruit by peracetic acid. *Postharvest Biol. Technol.* 33, 319–325 (2004).
2. Yang, X. & Jiang, X. Antifungal activity and mechanism of tea polyphenols against *Rhizopus stolonifer*. *Biotechnol. Lett.* 37, 1463–1472 (2015).
3. Baggio, J.S., Gonçalves, F.P., Lourenço, S.S. Tanaka, F.A.O. Pascholati, S.F. & Amorim, L. Direct penetration of *Rhizopus stolonifer* into stone fruits causing rhizopus rot. *Plant Pathol.* 65, 633-642 (2016).
4. Baggio J.S., Hau, B., Amarin, L. Spatiotemporal analyses of rhizopus rot progress in peach fruit inoculated with *Rhizopus stolonifer*. *Plant Pathol.* 66, 1452-1462 (2017).
5. Taheri, P., Ndam, L. M. & Fujii, Y. Alternative approach to management of *Rhizopus* rot of peach (*Prunus persica* L.) using the essential oil of *Thymus vulgaris* (L.). *Mycosphere* 9, 510–517 (2018).
6. Bernat, M., Segarra, J., Casals, C., Torres, R., Closa, N., Usall, J. Identification of fungal population in the environment and on surfaces of stone fruit packinghouses. *Eur. Plant Pathol.* 45, 723-731 (2017).



Soluciones
para una
fertilización
sostenible

Adelántate al futuro.

Optimiza el rendimiento de tus cultivos con las revolucionarias soluciones para una fertilización sostenible de Corteva.

BlueN[®]
BIOESTIMULANTE

SullicaB[™]
BIOFERTILIZANTE

Ympact[®]
TRATAMIENTO NUTRICIONAL DE SEMILLAS

Instinct[®]
Optinyte[™] technology
ESTABILIZADOR DE NITROGENO

Granular Link

BlueN[®]

BIOESTIMULANTE

**Conéctate a una fuente
limpia e inagotable
de nitrógeno**



SullicaB[™]

BIOFERTILIZANTE

**Cuidando el suelo,
futuro de tu cultivo.**

 **CORTEVA[™]**
agriscience



Visítenos en: corteva.es | [@cortevaES](https://twitter.com/cortevaES)

Esta información puede no estar actualizada. Con el fin de evitar riesgos para las personas o el medioambiente, lea atentamente la etiqueta del producto y siga estrictamente las instrucciones de uso.
[®], [™], SM Son marcas comerciales o de servicio de Corteva Agriscience y de sus compañías filiales.

©2022 Corteva Agriscience[™].

La gestión de la alternariosis del manzano, ¿un caso de éxito?

Jordi Cabrefiga¹, Pere Vilardell¹

¹IRTA-Mas Badia. Programa Protección vegetal Sostenible.

INTRODUCCIÓN

L'alternariosis del manzano

L'alternariosi del manzano es una enfermedad de reciente aparición en Europa, y se detectó por primera vez en la parte norte de Italia, en la zona del Trentino, Alto Adige en 1999 en manzanos de la variedad Golden (Rotondo et al. 2012). La alternariosis en manzano está asociada a un complejo de especies que se caracterizan por producir esporas de tamaño pequeño y por producir esta sintomatología característica. Estas especies son *A. mali*, *A. infectoria*, *A. arborescens*, *A. alternata* y *A. tenuissima* (Rotondo et al., 2012). En el caso de *A. mali* fue la primera especie descrita para producir estos síntomas, y es una especie de cuarentena en Europa. Sin embargo, las afectaciones observadas hasta el momento en Europa y en Australia no se han

asociado a esta especie, sino al complejo formado por *A. alternata*, *A. tenuissima* y *A. arborescens* (Harteveld, 2013). En Cataluña, aparecieron los primeros síntomas en plantaciones comerciales en el año 2009, en las variedades de Gala y Golden Delicious. Sin embargo, la incidencia de *Alternaria* en la zona no fue importante hasta el año 2013 (Vilardell 2018), y fue aumentando hasta afectar al 20% de las plantaciones de estas dos variedades en el año 2017. En Cataluña, esta sintomatología también se ha asociado a las tres especies descritas en Europa (Figura 1) (Dorrego 2019).

Los primeros síntomas aparecen a finales de la primavera y se desarrollamos durante el verano hasta llegar a la cosecha. Los síntomas consisten en manchas necróticas en los frutos y las hojas (Figura 2). En las hojas, aparecen pequeñas manchas moradas que acaban creciendo en formas irregulares

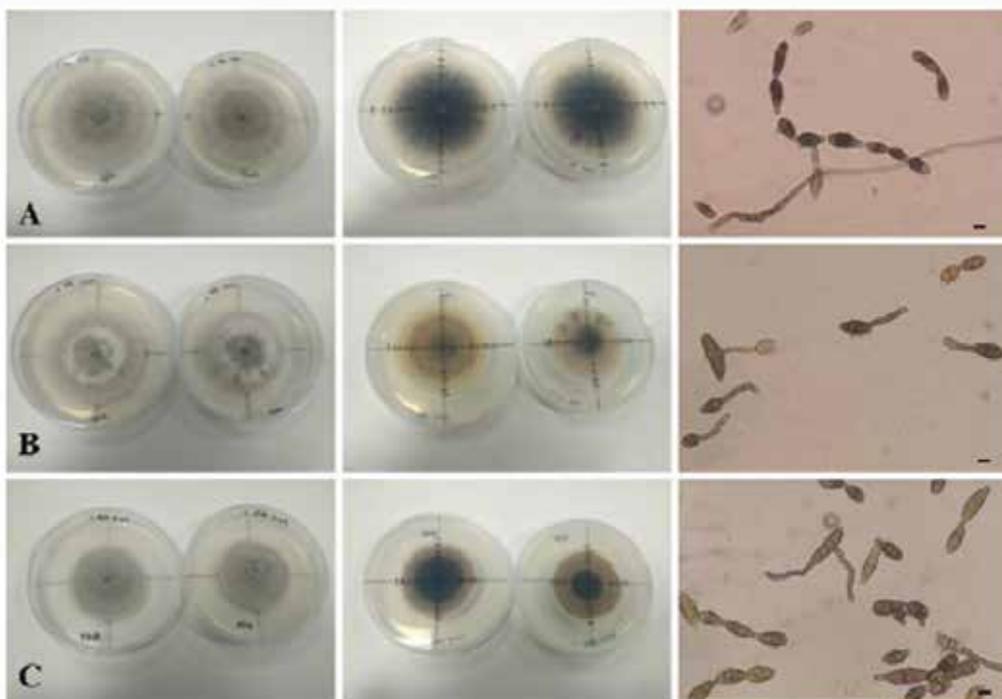


Figura 1. Crecimiento y morfología de colonias y conidios de algunas cepas de *Alternaria*. (Fotos Gemma Dorrego)

hasta producir necrosis importantes. Cuando las lesiones se producen en los pecíolos, las hojas se vuelven amarillentas y se puede producir su caída prematura, hasta un 70%, en los casos más graves (Li et al., 2011; Pavón et al., 2012). Los síntomas en el fruto se pueden describir como pequeños círculos necróticos de color marrón oscuro o negro, de entre 1 y 2 mm, poco penetrantes y que no evolucionan, formados en las lenticelas y a menudo rodeados por un halo rojizo (Rotondo et al., 2012). Estas lesiones en los frutos reducen drásticamente la calidad de la manzana a nivel estético, haciendo que en muchos de los casos no se pueda comercializar.



Figura 2. Fruits i fulles afectats per *Alternaria* (Fotos Jordi Cabrefiga)

La problemática

Esta enfermedad puede originar pérdidas de entre un 10 y un 40% de la producción dependiendo del año, de la finca y de la variedad, siendo las variedades Gala y Golden las más sensibles. La enfermedad se ha ido expandiendo hasta afectar en el año 2017 alrededor del 20% de las fincas comerciales de manzano de la provincia de Girona. La explosión de esta enfermedad ha ido acompañada de un incremento de entre un 20 y un 30% en el número de tratamientos con fungicidas.

Este incremento es muy significativo, y más si tenemos en cuenta que estos tratamientos se concentran muy próximos a la cosecha, y que por lo tanto tienen un efecto directo sobre los residuos en la fruta. Esta circunstancia supone un serio tropiezo en el objetivo de incrementar la sostenibilidad de las explotaciones, y de obtener

fruta libre de residuos o con 'residuo cero'. Así pues, es necesario plantear nuevas estrategias de control que contemplen una reducción significativa en el número de tratamientos fitosanitarios, ya sea mediante la mejora en el manejo de la finca para reducir el inóculo del patógeno, así como integrar los tratamientos fungicidas en modelos de predicción de riesgo de infección, siguiendo, por ejemplo, la estrategia implementada ya hace años por el control del moteado, y que supuso un punto de inflexión en el control de esta enfermedad.

Esta nueva estrategia debe significar un paso adelante en el camino hacia una producción de manzana mucho más sostenible y con el objetivo final de una producción de mayor calidad global y con el menor impacto medioambiental.

Resultados

Evaluación de diferentes fungicidas por el control de *Alternaria* en condiciones de campo

El objetivo de estos ensayos de fungicidas fue evaluar la eficacia de diferentes productos para el control de *Alternaria* en el cultivo de manzanos en producción integrada y también en producción ecológica con el fin de definir una estrategia de tratamientos.

Dentro de la gama de productos se seleccionaron productos con potencial para el control de la *Alternaria* en los dos ámbitos de producción. Los ensayos se realizaron en diferentes fincas comerciales con antecedentes de *Alternaria*.

A lo largo de la campaña se realizaron varias evaluaciones donde se determinaba la incidencia y la severidad de las infecciones en hojas y en frutos. En total se evaluaron 12 productos en producción convencional (Tabla 1) y 6 productos en producción ecológica (Tabla 2).

Tabla 1. Recopilación histórica de la eficacia de diferentes fungicidas autorizados en producción convencional en la reducción de la incidencia de *Alternaria* en frutos.

PRODUCTO	EFICACIA				
	2017	2018	2019	2020	2021
Boscalid +Pyraclostrobin	59,2 %	74,4 %			
Fludioxonil	73,5 %			65,2 %	67,6 %
Mancozeb			72,7 %		
Fluopyram+tebuconazol	72,7 %				64,5 %
Fosetil da aluminio		76,3 %			
Kresoxim-metil		36,1 %			
Ciprodinil+Fludioxonil			100 %		
Piremitanil+Ditianona			100 %		
Difenoconazol					58,1 %
Fluxapyroxad			54,5 %		
Pentopirad				61,9 %	
Fosfonato potassico			63,6 %		
INCIDENCIA testigo	23,8 %	13,7 %	1,8 %	27,8 %	10,3 %

Tabla 2. Recopilación histórica de la eficacia de diferentes fungicidas autorizados en producción ecológica en la reducción de la incidencia de *Alternaria* en frutos.

PRODUCTO	EFICACIA				
	2017	2018	2019	2020	2021
Bicarbonato de potasio		63,5 %		58,7 %	
<i>Bacillus subtilis</i>		48,9 %			
Laminarina		37,8 %			
Extracto de <i>Urtica dioica</i>		42,2 %			
Polisulfuro de calcio		43,1 %			
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>		22,2 %		33,5 %	
INCIDENCIA testigo		42,3 %		50,4 %	

*Todos los productos se aplicaron a la dosis de registro

En base a los resultados obtenidos en los diferentes años podemos afirmar que tenemos una buena gama de materias activas que presentan buena eficacia, pero la lista se acorta si tenemos en cuenta los plazos de seguridad, ya que las aplicaciones en algunos casos deben hacerse cerca de cosecha, y que la estrategia debe ajustarse al número de residuos a cosecha. Así en producción convencional recomendaríamos Boscalid+Pyraclostrobin, fludioxonil y captan. En el caso de la producción ecológica, las eficacias son menores, también porque en las fincas hay más incidencia. En este caso se recomendaría bicarbonato potásico que es la materia activa que presenta mejor eficacia, alternando con otros productos como el polisulfuro de calcio, el extracto de *Urtica dioica*, *Bacillus* y laminarina para evitar posibles problemas de fitotoxicidad.

Validación de diferentes modelos de predicción de riesgo d'*Alternaria* spp.

El objetivo de estos ensayos eran determinar si alguno de los modelos que hay descritos en la bibliografía pueden ser útiles para predecir el riesgo de infección por *Alternaria* en manzano en la zona de Girona, con la finalidad de ajustar los tratamientos en estos periodos y reducir así el número de tratamientos manteniendo la eficacia en el control de la enfermedad.

Se realizaron dos ensayos ejecutados en diferentes años. Los dos ensayos se realizaron en una finca de la variedad Golden situada en Torroella de Fluvià (Girona). Esta finca se seleccionó debido a los antecedentes históricos de *Alternaria*.

El diseño experimental en los dos ensayos consistió en bloques al azar con 4 repeticiones con parcelas elementales de 5 árboles.

El primer ensayo, consistió en las 5 tesis que se muestran en la Tabla 3. De estas tesis, en tres se realizaron los tratamientos siguiendo la predicción descrita por diferentes modelos de predicción de riesgo, concretamente las tesis 2, 3 y 4.

En la tesis 2 los tratamientos se rigieron en base al modelo descrito por *Alternaria mali* en manzano (Felajdic and Sutton 1992). En la tesis 3 los tratamientos se rigieron por el modelo modificado de *Alternaria alternata* en cítricos (Bassimba 2015).

Finalmente, en la tesis 4, los tratamientos fueron regidos por el modelo BSPCast descrito por *Stemphylium vesicarium* en peral (Llorente et al. 2012). Como tesis de referencia se incorporó un control no tratado, y un tratamiento convencional basado en tratamientos programados cada 7-10 días.

Los tratamientos en todos los casos se hicieron con fungicidas de contacto del grupo de los ditiocarbamatos, empleando un atomizador STIHL de mochila, con un régimen de 1000 L/ha.

El segundo ensayo, realizado al año siguiente,

consistió en 3 tesis, la correspondiente a las aplicaciones con cadencia de 10 días, la correspondiente a los tratamientos con aplicaciones según el modelo de predicción de riesgo de *A. alternata* en cítricos, lo que mejores resultados dio en el ensayo realizado el año anterior.

Finalmente se incorporó un testigo o control no tratado. Los tratamientos en todos los casos consistieron en mancozeb a 2,0 kg/ha. En la Tabla 4 se muestran las diferentes tesis y el número de aplicaciones realizadas en cada caso.

El primer resultado destacable del primer ensayo fueron los tratamientos que se realizaron en cada tesis, así en la estrategia convencional se realizaron un total de 12 tratamientos, mientras que, en las estrategias guiadas por los diferentes modelos, el número de tratamientos fue significativamente menor.

Así en el caso de los modelos por *S. vesicarium* y por *A. mali*, el número de tratamientos se redujo a 7, mientras que en el caso de la estrategia basada en modelo de *A. alternata* el número de tratamientos aún fue menor, sólo 4. En cuanto a la eficacia de las estrategias en el control de *Alternaria*, en la Figura

Tabla 3. Relación de tesis incorporadas en el ensayo de validación de diferentes modelos de predicción de riesgo de *Alternaria*.

TESIS	Descripción	Producto aplicado	Aplicaciones realizadas
1	Control no tratado		0
2	Tratamientos dirigidos modelo <i>Alternaria mali</i> en manzano	Fungicidas de contacto del grupo de los Ditiocarbamatos	7
3	Tratamientos dirigidos modelo <i>Alternaria alternata</i> en cítricos		4
4	Tratamientos dirigidos modelo <i>Stemphylium vesicarium</i> en peral		7
5	Convencional (tratamientos cada 7-10 días)		12

Tabla 4. Relación de tesis incorporadas en el ensayo de validación de diferentes modelos de predicción de riesgo de *Alternaria*.

TESIS	Descripción	Producto aplicado	Aplicaciones realizadas
1	Control no tratado		0
2	Tratamientos dirigidos con el modelo modificado d' <i>Alternaria</i> en cítricos	Mancozeb (2,0 kg/ha)	2
5	Convencional (tratamientos cada 10 días)		4

3 se muestran los resultados de la evolución del porcentaje de frutos infectados a lo largo de la campaña. Se puede observar que hasta mediados de mayo no comenzaron a aparecer los primeros frutos infectados.

A partir de esa fecha, el porcentaje de frutos se fue incrementando gradualmente, hasta julio, donde debido a las altas temperaturas y a una lluvia intensa (35 mm), se incrementó el número de

frutos infectados de una manera más notable hasta llegar al máximo con un porcentaje próximo al 20% de frutos infectados en el control no tratado. Esta evolución fue mucho más contenida en todas las estrategias de control, donde el porcentaje máximo de frutos infectados en ningún caso superó el 7%. El porcentaje de frutos infectados entre las diferentes estrategias fue similar, y sólo se observó una ligera diferencia en las últimas evaluaciones, entre la estrategia convencional y el resto de estrategias.

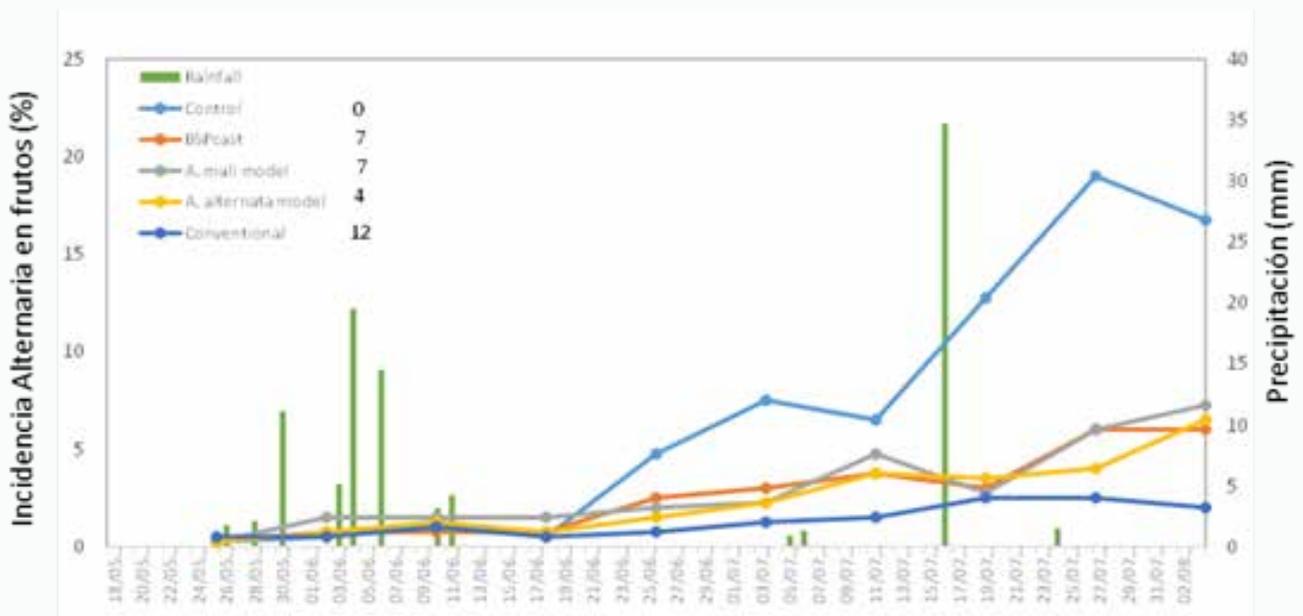


Figura 3. Evolución del porcentaje de frutos infectados por *Alternaria* spp. a lo largo de la campaña por cada una de las estrategias de control seguidas. También se indica la precipitación y el número de tratamientos realizados por cada estrategia.

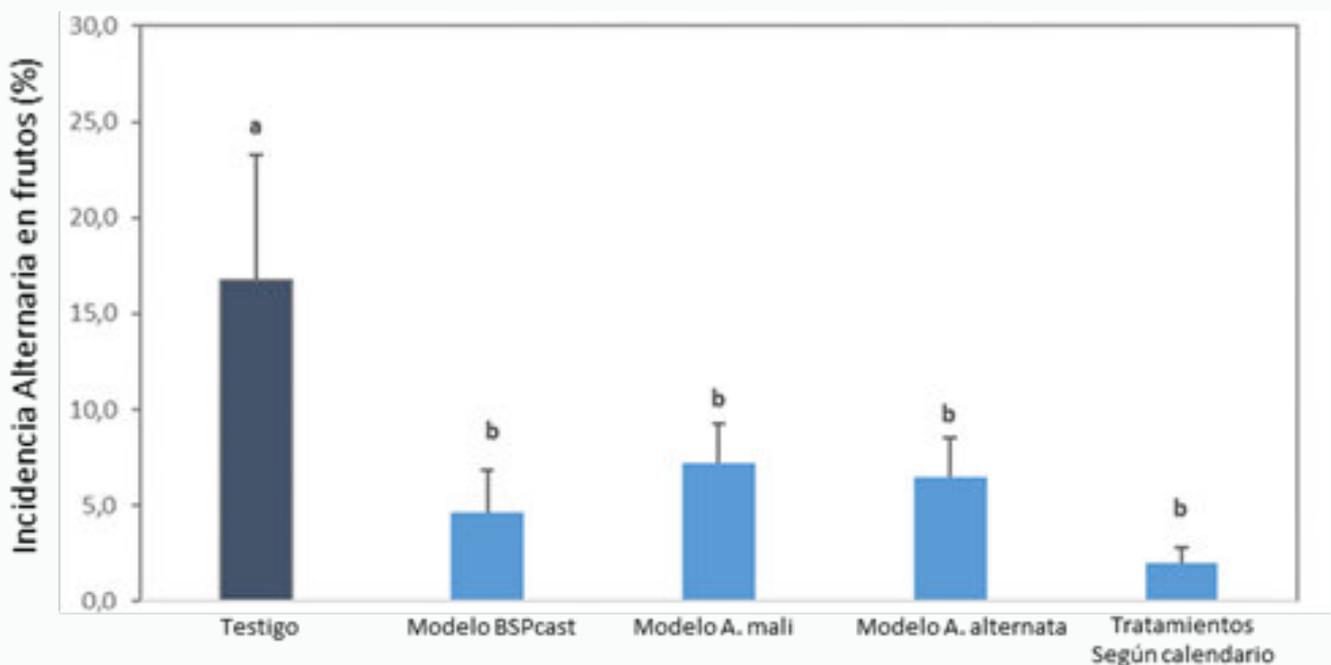


Figura 4. Porcentaje de frutos infectados por *Alternaria* spp. de cada tesis en la última evaluación previo a cosecha. Letras diferentes indican significación estadística según Tukey ($p < 0.05$).

Sin embargo, los niveles fueron bajos y no se observaron diferencias significativas (Figura 4).

Así pues, las estrategias de tratamientos basadas en modelos de predicción de riesgo permiten reducir el número de tratamientos manteniendo unos buenos niveles de control de las infecciones por *Alternaria* spp. El modelo que mejor se ajustó a las condiciones de la enfermedad en nuestra zona fue el basado en *A. alternata* en cítricos, dado que sólo sugirió 4 tratamientos y dio un nivel de reducción de las infecciones similar al nivel obtenido con las

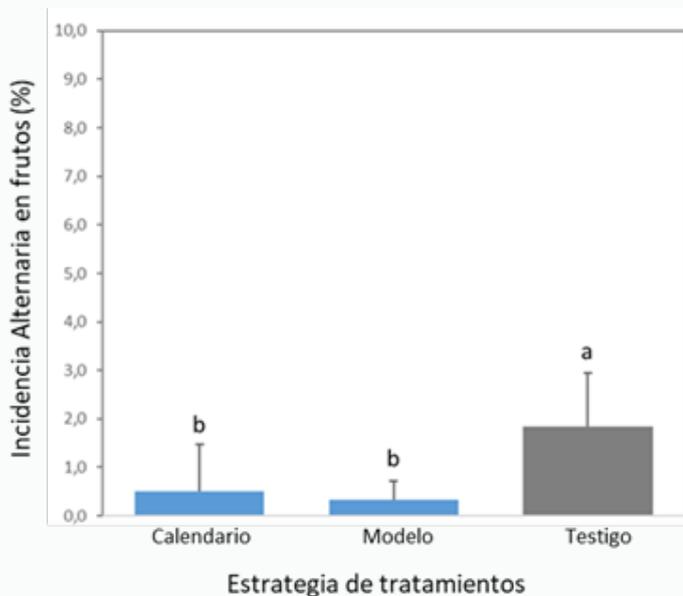


Figura 5. Incidencia de infecciones de *Alternaria* en frutos en las diferentes estrategias de tratamiento en la finca situada en Torroella de Fluvià (Alt Empordà).

otras dos estrategias de tratamiento que sugirieron casi el doble de tratamientos, concretamente 7. El segundo ensayo ha permitido confirmar que el uso del modelo de predicción de riesgo de infecciones de *Alternaria* basado en el modelo modificado de *A. alternata* en cítricos permite reducir el número de tratamientos consiguiendo una eficacia similar a los tratamientos programados según calendario, y por lo tanto es una herramienta a tener en cuenta para un control más sostenible de la alternariosis.

Efecto de la eliminación de las hojas invernales en el control de *Alternaria* spp.

El objetivo de esta actividad fue evaluar el efecto de la gestión del inóculo invernal sobre el control de la alternariosis de la manzanita, con la idea de sanear las fincas, e incrementar la eficacia de los tratamientos y reducir la dependencia de los fitosanitarios. En concreto se evaluaron dos

estrategias, una estrategia de control basada en una gestión agronómica consistente en la eliminación de hojas caídas, y una segunda consistente en el tratamiento de las hojas con un agente biológico con el fin de evitar o inhibir el desarrollo de *Alternaria* sobre las hojas, en concreto se aplicó *Trichoderma*.

Para evaluar el efecto en la inhibición de la alternariosis se tuvo en cuenta la aparición de síntomas en las hojas y los frutos de los manzanos de cada parcela de ensayo. Se han realizado 3 ensayos en diferentes campañas. Los tres ensayos se realizaron en una finca de la variedad Golden con antecedentes de *Alternaria*.

En el primer ensayo se realizaron 2 tesis, en concreto la estrategia convencional donde no se hizo ninguna gestión de las hojas, que se comparó con otra donde se aspiraron las hojas, mientras en los otros 2 ensayos se añadió una tercera estrategia consistente en la aplicación de *Trichoderma* a las hojas (Figura 6). Concretamente se aplicó la cepa T34 de *Trichoderma asperellum* cedida por la Dra. M^a Isabel Trillas Gay de la Universidad Autónoma de Barcelona, y que se comercializa con el nombre T34 BIOCONTROL[®] por Industrias Químicas del Vallés. Se aplicó a la dosis de 0,5 g/L y a razón de 25 L/ha.

En todos los ensayos la aspiración de hojas se hizo entre los meses de febrero y marzo, y la aplicación de *Trichoderma* durante el mes de abril. En todos los ensayos, en todas las parcelas se realizaron los mismos tratamientos fitosanitarios para el control de las enfermedades, tanto por el moteado como por *Alternaria*.

Al analizar las 3 campañas (Figura 7), podemos ver que el efecto de los tratamientos de reducción de inóculo tienen un marcado efecto en la reducción de los daños en frutos, independiente de la problemática específica que haya cada año. Destacar que años complicados, como fue el caso de la segunda campaña, se ha confirmado que realizar estas actuaciones es importante para reducir de manera clara el nivel de daños, y que puede contribuir de manera clara a la reducción del inóculo invernal de caras en la siguiente campaña y a la larga en el saneamiento de la parcela, limitando las pérdidas y también la dependencia de los tratamientos fitosanitarios.

Como conclusión podemos decir que la eliminación de las hojas caídas en invierno reduce de manera

significativa la abundancia de inóculo de *Alternaria*, y por lo tanto se confirma que las hojas conforman una parte importante del inóculo primario. Al mismo tiempo, la eliminación del inóculo invernal, ya sea mediante la eliminación de las hojas como con la aplicación de *Trichoderma*, ha tenido un efecto significativo en la reducción de los daños causados por *Alternaria* en frutos, y por lo tanto, las dos serían técnicas recomendables para el control integrado de la alternariosis del manzano.

Implantación del modelo de riesgo de *Alternaria* en la zona de Girona.

El objetivo de la actuación era implementar el modelo de avisos de riesgo de *Alternaria*, probado en los ensayos de campo dentro del Grupo Operativo. La finalidad era poner a disposición de los técnicos asesores de las ADV's una herramienta

para decidir el posicionamiento de los tratamientos para controlar la enfermedad.

Durante el primer año el modelo se gestionó manualmente con una hoja de cálculo de la EXCEL por los datos de 3 estaciones meteorológicas representativas de la zona productora de manzana. En este caso, se hacía correr el modelo con 2 días de antelación con los datos de predicción obtenidos de la agencia METEOBLUE. Los avisos de riesgo se enviaban periódicamente por correo electrónico a los técnicos.

A partir del segundo año del Grupo Operativo, el modelo se integró en la plataforma Atlant de gestión técnica, incluyendo los datos meteorológicos de las 15 estaciones que están distribuidas por la zona productora de manzana en Girona.



Figura 6. Croquis de las 3 parcelas experimentales de la finca de Garrigàs. En verde el tratamiento con *Trichoderma*, en azul el de aspiración y naranja el testigo (Esquerra). Vista de una de las parcelas de ensayo antes de la aspiración de hojas (Derecha).

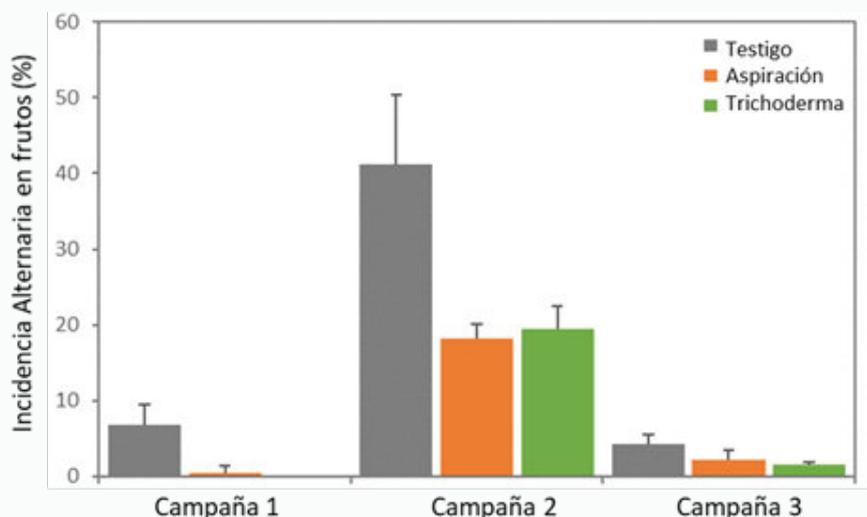


Figura 7. Incidencia de las infecciones de *Alternaria* en frutos para las diferentes tesis a lo largo de las 3 campañas.

La plataforma Atlant dispone de un dashboard inicial con etiquetas que indica, en base a los colores del semáforo, el número de estaciones por las que el modelo establece riesgo de Alternaria (Figura 9). Una vez entrado dentro del modelo de Alternaria, aparece la pantalla con el detalle de riesgo de enfermedad por cada una de las estaciones, con el riesgo del día y la previsión de riesgo para dos días vista hecha a partir de los datos numéricos suministrados por la agencia de predicción meteorológica Dark Sky (Figura 9).

La previsión del riesgo para los dos próximos días se hace para facilitar la planificación de los tratamientos y mejorar el control de la enfermedad al aplicar

estrategias de tratamiento preventivas. Una tercera pantalla muestra el detalle de los riesgos históricos de infección para cada estación en particular.

Los técnicos de las empresas y ADV's de Girona han consultado el modelo Alternaria dentro de la plataforma Atlant en 1841 ocasiones durante los años 2021 y lo que llevamos de 2022. El detalle de las consultas los dos años de funcionamiento se muestran en la Figura 10. El número máximo de consultas se sitúa en los meses de mayor riesgo, que son mayo, junio y julio. Las consultas se concentran en los días de lluvia, oscilando entre las 30 y 60.



Figura 8. Captura de pantalla de la plataforma Atlant con el modelo de Alternaria integrado. Las etiquetas superiores en rojo indican por un día concreto el número de estaciones con riesgo de Alternaria según el modelo.

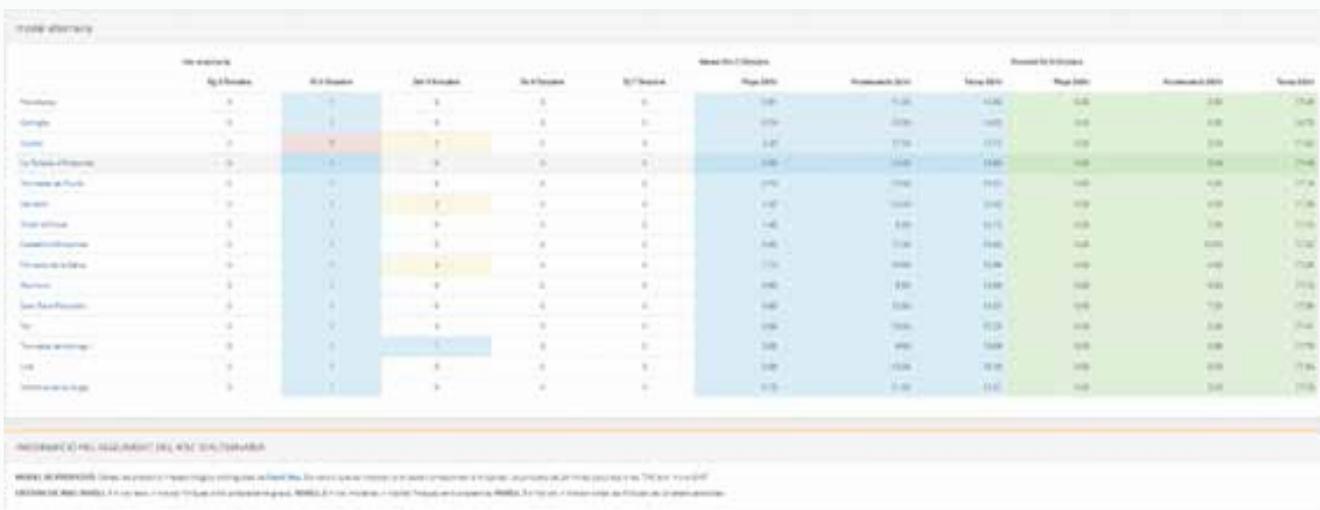


Figura 9. Captura de pantalla del modelo de Alternaria con indicación del riesgo por el día de la consulta y los previstos para los dos próximos días. La previsión es a partir de los datos meteorológicos previstos por la agencia Dark Sky.

Estos valores demuestran el interés de los técnicos asesores en esta herramienta, y denotan que la utilizan para hacer las recomendaciones fitosanitarias.

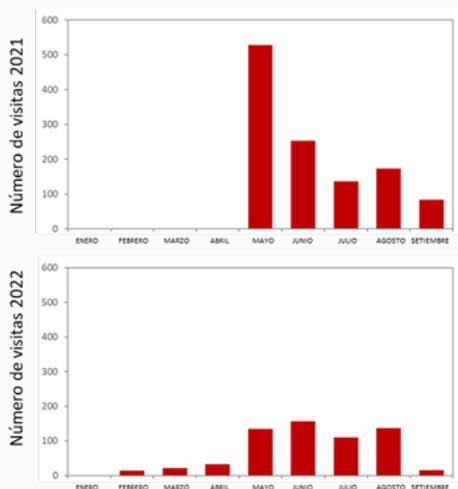


Figura 10. Visualizaciones del modelo de Alternaria en la plataforma Atlant por parte de los técnicos asesores de las empresas y ADV's productoras de manzana de Girona en el año 2021 y 2022. El modelo se activó en mayo de 2021.

Destacar que las actuaciones derivadas de los avisos del modelo tienen repercusión en los tratamientos para controlar la enfermedad en unas 2000 parcelas de manzano que representan 2600 ha en Girona.

Lo que hemos visto a lo largo de estos años es que disponer del modelo de Alternaria integrado dentro de la plataforma Atlant que utilizan los técnicos asesores de las empresas productoras y las ADV's en Girona, ha permitido mejorar la gestión del control de la enfermedad. El número de visualizaciones, teniendo en cuenta que hay 20 usuarios con acceso, indican que es una herramienta que se utiliza a nivel técnico y por lo tanto con repercusión dentro del sector.

Evolución y seguimiento de la alternariosis del Manzano en la zona de Girona.

La alternariosis era una enfermedad que iba cogiendo importancia en Girona, llegando a afectar alrededor del 20% de las fincas de las dos variedades más sensibles, Gala y Golden. Sin embargo, en los últimos años parece que la progresión de la enfermedad ha ido bajando gracias a la presión de tratamientos realizados, viéndose el inicio de la regresión de la enfermedad a partir del año 2018, momento en que se puso en marcha el asesoramiento basado en modelos de predicción de riesgo. Así el número de fincas afectadas por Alternaria ha pasado a ser del 20% en Gales y el 30% en Golden en el año 2016, a bajar hasta el 5,9% en Gales y el 2,1% en Golden en el año 2019, tendencia que se ha mantenido en los años posteriores con oscilaciones puntuales en función de las condiciones meteorológicas, en especial de finales de temporada por la Golden (Figura 11).

Destacar que la implementación del modelo ha ido acompañada de una reducción gradual del número de tratamientos específicos para controlar la Alternaria, pasando de una media de 5,8 tratamientos en 2016 a menos de 3,0 tratamientos en 2021 (Figura 12). Así pues, el uso de la modelización en la gestión de la lucha fitosanitaria contra Alternaria, junto con el uso de productos eficaces, ha permitido controlar la enfermedad de manera eficaz a la vez que se ha conseguido una reducción significativa del número de tratamientos.

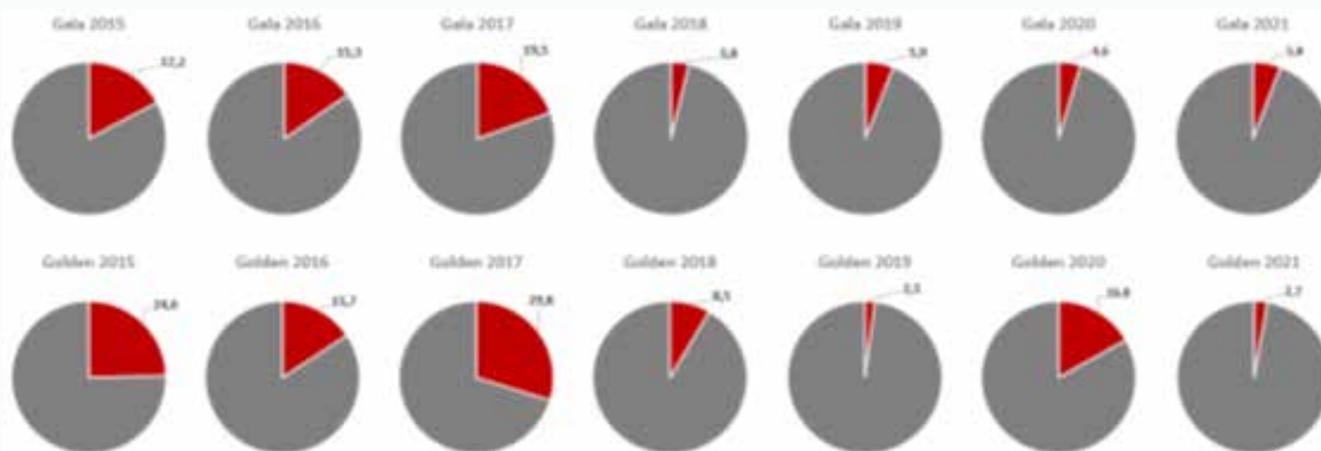


Figura 11. Evolución de fincas afectadas por Alternaria de las variedades Gala y Golden desde 2015 hasta 2021.

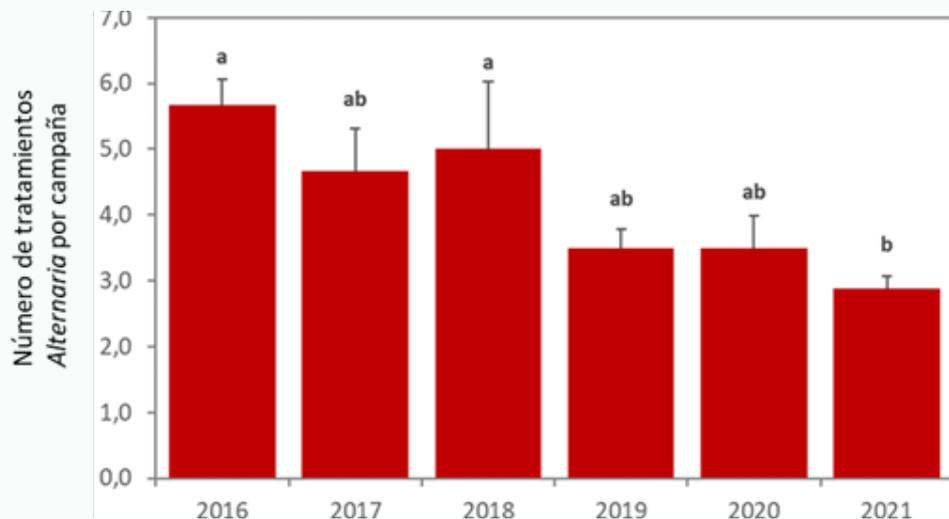


Figura 12. Evolución del número de tratamientos específicos aplicados por campaña para controlar *Alternaria* desde 2016 hasta 2021.

Bibliografía

Bassimba, D.D.M. (2015). Epidemiología de la mancha marrón de las mandarinas causada por *Alternaria alternata*. Desarrollo de estrategias de control eficientes. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Dorrego, G. (2019). Caracterització morfològica i molecular d'espècies d'*Alternaria* causants de la taca foliar i el motejat del fruit en pomera. TFM Universitat Politècnica de Catalunya.

Filajdi, N., Sutton, T.B. (1992). Influence of Temperature and Wetness Duration on Infection of Apple Leaves and Virulence of Different Isolates of *Alternaria mali*. *Phytopathology* 82:1279-1283.

Harteveld, D. O. C. (2013). Etiology and diversity of *Alternaria* leaf blotch and fruit spot of apples in Australia. The University of Queensland.

Li, Y., Province, J., Zhang, L., Province, L., Zhang, Z., Province, J., Province, J. (2011). A Simple Sequence Repeat Marker Linked to the Susceptibility of Apple to *Alternaria* Blotch Caused by *Alternaria alternata* Apple Pathotype. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 136(2), 109-115.

Llorente, I., Moragrega, C., Ruz, L., Montesinos, E. (2012). An update on control of brown spot of pear. *Trees (Berl West)* 26(1):239-245.

Pavón, M. Á., González, I., Martín, R., García, T. (2012). Importancia del género *Alternaria* como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas, 27(6), 1772-1781.

Rotondo, F., Collina, M., Brunelli, A., Pryor, B. M. (2012). Comparison of *Alternaria* spp. Collected in Italy from Apple with *A. mali* and Other AM-Toxin Producing Strains. *Phytopathology* 102(12):1130-1142.

Vilardell, Pere. (2018). Una nueva enfermedad causada por "*Alternaria*" afecta a plantaciones de manzana en Girona. *Vida rural*, 448, 30-33.

Coragen® 20SC

Control de insectos

Con la potencia de

RYNAXYPYR®

Ingrediente activo



Implacable contra carpocapsa, minadores, capuas y otras orugas en frutales.



Protección rápida y duradera.

Aplicado en la 1ª generación provoca normalmente una reducción significativa de generaciones sucesivas.



Respetuoso con los insectos útiles.

Contribuye a minimizar el uso de otros insecticidas y acaricidas.



Mejora la calidad de la cosecha.

La potencia de **Rynaxypyr®** minimiza los daños en el cultivo.

LA TRANQUILIDAD DE ACERTAR CON LA MEJOR ELECCIÓN

Visite nuestro canal



Con el fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente, antes de aplicar un producto de FMC, lea atentamente la etiqueta y siga estrictamente las instrucciones de uso.

Coragen® 20SC, Es una marca registrada de FMC Corporation o de sus empresas afiliadas.

Pº de la Castellana, 257 - 5º
28046 MADRID
+34-91 553 01 04
www.fmcagro.es



Variedades de manzana. ¿Tenemos alguna que tolere un año como este?

Joaquim Carbó i Jaume Lordan, IRTA - Programa fructicultura

Introducción

Las condiciones meteorológicas del año 2022 han sido significativas por dos incidentes que han marcado de forma especial la campaña frutícola: las heladas primaverales del mes de abril y las persistentes olas de calor desde finales de mayo hasta mediados de septiembre, las que han supuesto un aumento considerable de las horas por encima de 30 °C en comparación con la media de los últimos 10 años.

Con estas condiciones las variedades de manzano han sufrido unas condiciones extremas que han causado enormes problemas de carencia de color en las variedades de verano ("Gala" y otras variedades tempranas) pero también en variedades bicolors y rojas del mes de septiembre. Ha habido enormes problemas de caídas fisiológicas de frutos en muchas variedades, incluidos en aquellas que normalmente carecen de problemas de caída. Además, estos largos períodos de temperaturas >30 °C han tenido efectos sobre la calidad (tanto interna como externa de los frutos).

En cuanto a la presentación externa, además de la carencia de color, se han observado muchos frutos tocados por golpe de sol en muchas variedades, frutos quemados, frutos con la cutícula y la pulpa cocida, frutos afectados por lenticelosis, por "bitter-pit, por cracking y numerosas alteraciones cuticulares. También las altas temperaturas han tenido una incidencia sobre el proceso de maduración de los frutos, haciendo que ésta fuera más rápida y acortando la ventana de cosecha de muchas variedades. En cuanto a la calidad interna de los frutos, se han observado muchos frutos

sobremaduros, problemas de falta de firmeza, vitresencia, corazón acuoso y texturas menos crocantes que evolucionan más rápidamente hacia texturas harinosas.

Con estas condiciones tan extremas ha sido un buen año para ver aquel material vegetal que ha tenido un buen comportamiento y una buena adaptación entre las muchas selecciones que se evalúan en las Colecciones de Variedades del IRTA y que han superado todas estas adversidades. En este sentido, en la presentación de este año queremos destacar aquellas variedades que han tenido un buen comportamiento a pesar de estas condiciones climáticas tan adversas por el manzano.

Las selecciones más bien adaptadas del grupo 'Gala'

Las variedades de GALA ESTRIADAS confirmadas en los últimos años son por orden de más a menos coloración: 'Alpigala', 'Gala Schniga'® Schnico, 'Gala Norge'® Norge' (= 'Ultima Gala'® Banning Gala') y 'Gala Venus'® Fenstripe'. Durante los años 2020 y 2021 se han mantenido estas selecciones como las más coloreadas (Figura 1), pero en la campaña 2022 sólo 'Alpigala' ha obtenido suficiente coloración entre las selecciones estriadas (Tabla 1 y Figura 2). El 2021 fue uno de los mejores años de coloración mientras que el 2022 ha sido con diferencia uno de los peores. Estas selecciones han mostrado importantes diferencias entre los dos años en cuanto a la coloración roja en más del 90% de la superficie de los frutos.

Tabla 1. Porcentaje de frutos con más del 90% de superficie coloreada de las mejores selecciones de GALA ESTRIADAS observadas durante los años 2021 y 2022. Valor medio histórico de todos los años valorados y número de años en evaluación.

Selección	% color >90% 2021	% color >90% 2022	% color >90% Promedio histórico	Número de años en evaluación.
'Alpigala'	99	74	93	5
'Gala Schniga® Schnico'	83	39	75	11
'Ultima Gala® Banning Gala'	67	17	77	11
'Gala Norge® Norge'	60	30	70	7
'Gala Venus® Fenstripe'	71	26	71	8

Les millors GALA estriades del 2021

IRTA⁹

% COLORACIÓ 2021
E.E.A. Mas Badia



Figura 1. Porcentaje de frutos con más del 90% de superficie coloreada de las mejores selecciones de GALA ESTRIADAS observadas durante el año 2021 al IRTA.

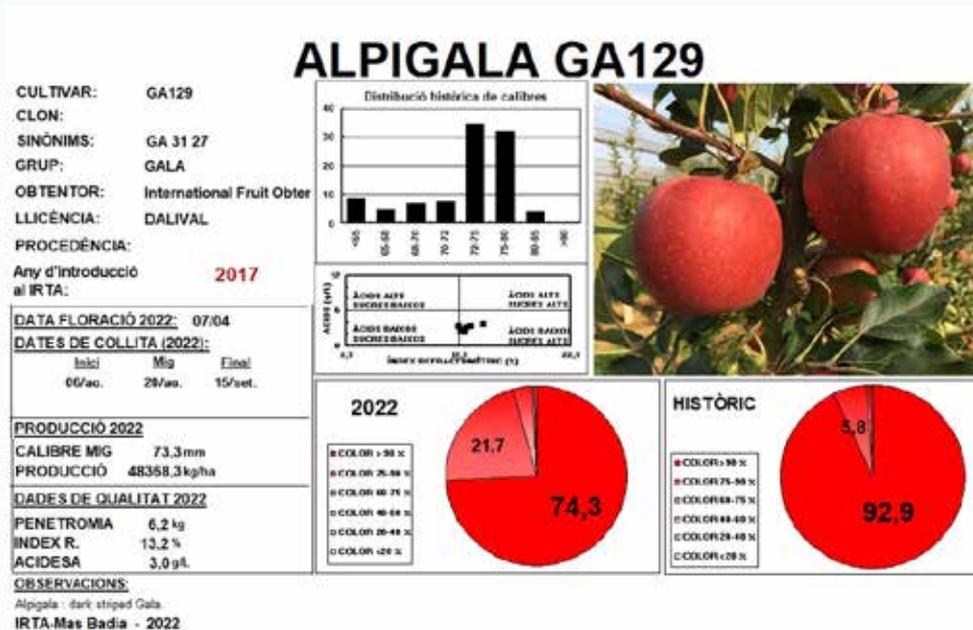


Figura 2. Ficha de la variedad 'Alpigala' una de las mejor adaptadas entre las GALAS ESTRIADAS con los porcentajes de frutos con más del 90% de superficie coloreada del año 2022 (74,3%) comparativamente con la media histórica de todos los años de evaluación (92,9%).

En cuanto a las selecciones de GALA LISAS, históricamente las más coloreadas han sido: Gala STAR® Galafab, Gala SCHNIGA® SchniCored y Gala BIG BUCKS® Bigbucks (Figura 3). Las Galas lisas presentan una mayor facilidad a colorear, incluso en años difíciles como este 2022. Sin embargo, los

valores obtenidos en superficie coloreada en más del 90% este 2022 han sido inferiores a los otros años, pero muy superiores a la mayoría de las selecciones estriadas (Tabla 1 y Tabla 2).



Figura 3. Porcentaje de frutos con más del 90% de superficie coloreada de las mejores selecciones de GALA LISAS observadas durante la campaña 2021 en el IRTA.

Tabla 2. Porcentaje de frutos con más del 90% de superficie coloreada de las mejores selecciones de GALA LISAS observadas durante los años 2021 y 2022. Valor medio histórico de todos los años valorados y número de años en evaluación.

Selección	% color >90% 2021	% color >90% 2022	% color >90% Promedio histórico	Número de años en evaluación
'Gala STAR® Galafab'	97	75	95	5
'Gala SCHNIGA® SchniCored'	99	59	91	7
'Gala BIG BUCKS® Bigbucks'	95	61	90	8

En los últimos años son numerosas las nuevas selecciones de GALA LISAS que se están evaluando. Entre todas ellas hemos destacado por su alta coloración: 'Gala Fen Plus', 'Devil Gala', 'T-REX® Civt15*', 'Gala Dark Ann®', 'KING® Gala', 'Gala Surf® Surf-in-Gala' y 'Gala Wylder'.

Por el contrario, son poquísimas las nuevas selecciones de GALA ESTRIADAS que nos llegan. Entre estas últimas destacamos Galamax que este año ha presentado muy buena coloración, a pesar de las dificultades de la campaña.

No hay novedades en los grupos tradicionales 'Golden', 'Red Delicious', 'Granny' i 'Fuji'

Por lo que respecta a las variedades de los grupos tradicionales: 'Golden', 'Red Delicious', 'Granny Smith' y 'Fuji' hay pocos cambios. En las variedades del grupo 'Golden' se mantienen las selecciones 'Golden Reinders®' y 'Golden Crielaard®' como las dos selecciones más interesantes en cuanto a su baja sensibilidad al russetting (Figura 4). En este grupo se buscan variedades más amarillas y resistentes a su manipulación y algunas de ellas se tratarán en el apartado de variedades resistentes.

El grupo 'Fuji' es uno de los grupos que muestra novedades en lo que se refiere a nuevas introducciones. En nuestra área frutícola son mucho más recomendables las selecciones de coloración lisa que las de coloración estriada, ya que estas últimas son más susceptibles a presentar "golpes de sol" y coloración parda que deterioran la calidad de los frutos. De entre las 3 selecciones actualmente recomendadas de 'Fuji' (Figura 5) las dos mejor adaptadas a nuestras áreas frutícolas son la 'Zhen® Fuji Azteccov' y la 'SAN-CIV® FuCIV 51Dcov', ambas de coloración lisa. La 'RubinFuji® ROFM 811(s), de tipología estriada, es más adecuada para zonas de montaña donde las condiciones de coloración sean más fáciles y exista una menor afectación por "golpes de sol".

La susceptibilidad al "russetting" y al "cracking" de los frutos son dos de los aspectos a verificar en las selecciones de Fuji. Hasta ahora no hemos visto diferencias en estos dos parámetros entre las 2 variedades recomendadas. El año 2019 fue un año con una alta incidencia de cracking en los frutos, pero no se vieron diferencias entre ellas. En 2020 y 2021 la incidencia de "cracking" fue baja y tampoco permitió detectar diferencias. Estamos a la espera de evaluarlo este 2022 en el marco del proyecto VUMOC ("Vulnerabilidad en uva y manzana a ondas de calor: un riesgo inmediato del cambio climático").

La 'FuCIV-51Dcov' parece mostrar unas lenticelas más grandes y marcadas que pueden hacer pensar que podría presentar una mayor susceptibilidad a "cracking", aspecto que de momento no hemos podido constatar. Algunas nuevas selecciones de FUJI que se han introducido recientemente y que durante la campaña 2020-2021 presentaron frutos de tipología LISA, pero con un alto porcentaje de superficie coloreada son 'King Fuji® Fuji VW', 'King® Grofn Fuji' y 'Phoenix® Fenduf 3' (Figura 6). Es necesario seguirlas con detenimiento durante los próximos años para ver si mejoran la coloración respecto a las dos variedades hasta ahora recomendadas. Por otra parte, podemos confirmar que estas nuevas variedades no mejoran tampoco en lo que se refiere a la alternancia, por lo que es necesario realizar una buena gestión de la carga para reducir al mínimo posible este problema.

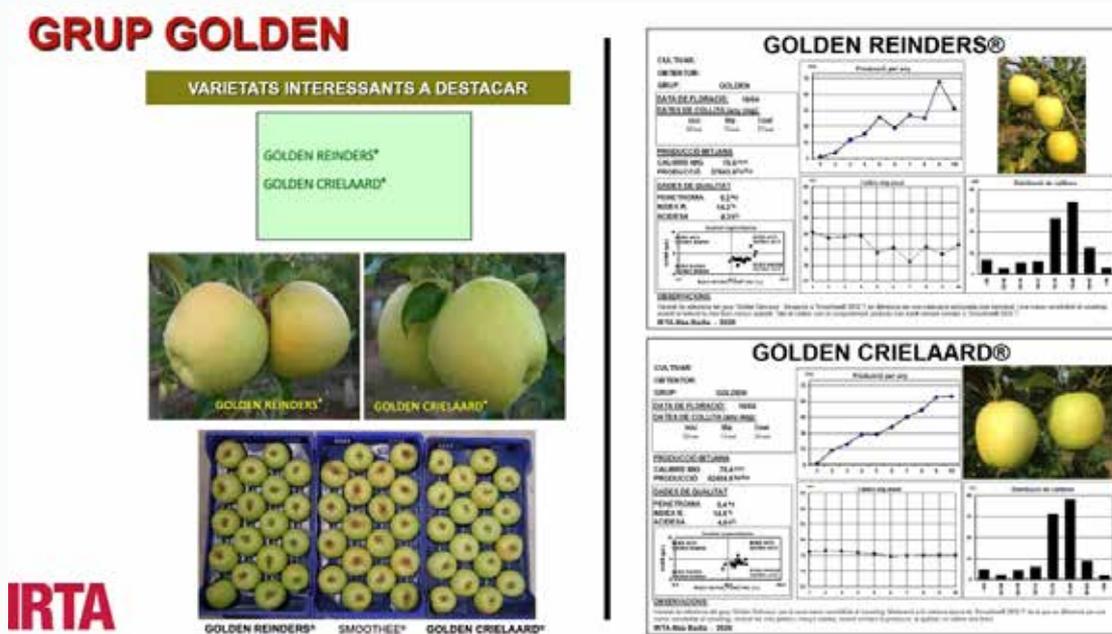


Figura 4. Selecciones recomendadas del grupo GOLDEN en el IRTA.

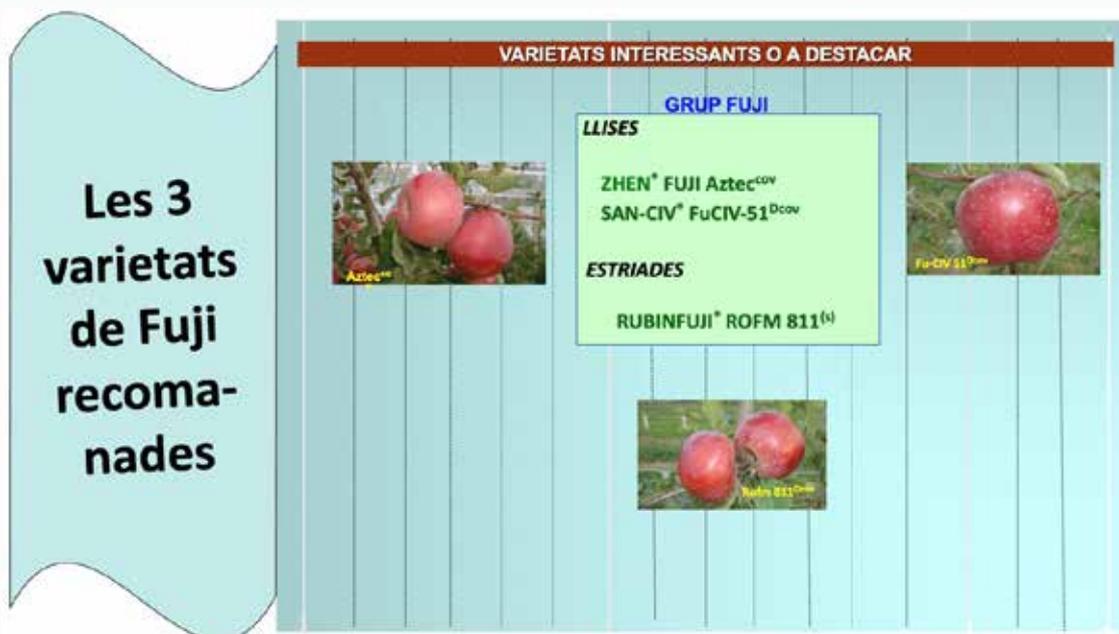


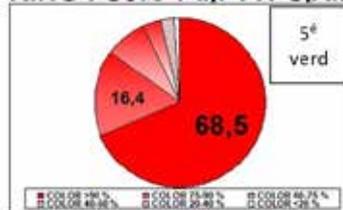
Figura 5. Selecciones recomendadas del grupo FUJI durante el año 2021 en el IRTA.

3 novetats que aporten més color en FUJI

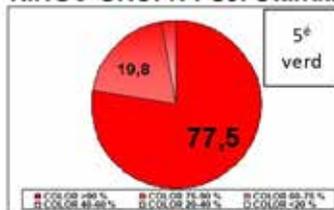
IRTA⁹

ALTERNANTS COM LES ALTRES FUJI, PERÒ INTERESSANTS PEL COLOR, A CONFIRMAR EN ELS PROPERS ANYS

KING FUJI® Fuji VW Spur



KING® GROFN FUJI Standard



PHOENIX® Fenduf3

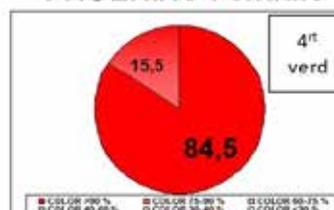


Figura 6. Nuevas selecciones de FUJI de alta coloración en evaluación durante el año 2021 en el IRTA.

El 'grupo Red Delicious' es un grupo en franca regresión, del que prácticamente no llegan nuevas selecciones para evaluar, y que a nivel del sector se están buscando nuevas variedades de otros grupos de tipología roja pero que presenten mejores cualidades organolépticas. En los últimos años la única variedad que se ha plantado ha sido Jerominecov pero actualmente se ha dejado de plantar.

En el grupo 'Granny Smith', la variedad de referencia sigue siendo 'Granny Smith', que todavía sigue siendo plantada y preferida por una parte importante del sector productor. Entre sus mutantes, destaca 'Challenger[®] Dalivaircov' que también está recomendada en este grupo y presenta unas lenticelas mucho más grandes y marcadas sobre el fondo verde de la cutícula.

Algunas variedades club implantadas en nuestras áreas frutícolas

Entre las "variedades club" implantadas en nuestras zonas frutícolas destaca las variedades del grupo 'Pink Lady[®]'. En este grupo desde hace unos años hay cambios importantes, ya que en los últimos años se ha ido sustituyendo la variedad original 'Pink Lady[®] Cripps Pinkcov' por las nuevas selecciones 'Pink Lady[®] Rosy Glowcov' y 'Pink Lady[®] Sekziacov', ambas presentan una coloración muy superior a 'Cripps Pinkcov'.

También, en los últimos años se ha ido plantando otra variedad club, Joya[®] Cripps Redcov, variedad muy tardía, de recolección a finales de noviembre. Presenta una buena coloración en nuestras áreas frutícolas, pero requiere de portainjertos vigorosos y aclareo intenso.

Otra variedad club de reciente introducción es 'Tessa[®] Fengapi'. Esta variedad es productiva y presenta frutos de color rojo rosado bastante atractivos, incluso con una buena coloración en un año como éste.

Las variedades de manzana resistentes al moteado más interesantes

El grupo de variedades resistentes a moteado tiene un interés creciente y actualmente son muchas las nuevas variedades que se introducen con esta característica procedentes de distintos programas de obtención de manzana de todo el mundo. La

gama de variedades actual ya cubre gran parte del calendario de recolección de la manzana, desde el verano en la época de 'Gala' hasta bien entrada el otoño en la época 'Fuji' (Figura 8).

En cuanto a las variedades resistentes que vienen inmediatamente después de 'Gala' destaca 'Galy[®] Inobi^{cov}' (Figura 9). Se trata de una manzana bicolor temprana, que ha presentado muy buena coloración estos dos años de evaluación, incluso esta campaña 2022. Destaca por su época de cosecha, justo después de 'Gala' y antes de 'Crimson Crisp[®] Co-op 39cov'. Se adapta mejor que la D9 E9 -76 que es una variedad del CIV que madura en la misma época. Presenta un color rojo vivo y brillante, y aparte de ser resistente a moteado es tolerante a oídio, con frutos firmes, crocantes y dulces (Figura 9). Es una variedad que habrá que seguir siguiendo de cerca en los próximos años.

'Crimson Crisp[®] Co-op 39cov' es una variedad resistente a moteado de alta firmeza, de buena calidad organoléptica que se cosecha inmediatamente después de 'Galy[®] Inobicov'. Es poco sensible al oídio y tiene un débil vigor. Además, purga bastante, por lo que hay que evitar ser demasiado agresivos en el aclareo. En zonas muy cálidas se debe prestar atención al golpe de sol (Figura 10).

'Ladina^{cov}' es una variedad interesante por su triple tolerancia, resistente a moteado, tolerante a fuego bacteriano y poco sensible a oídio, de buena calidad organoléptica pero sólo adaptada a zonas frescas de montaña. Este 2022 ha tenido muchos problemas de color en la zona de Lleida.

En los últimos años se está realizando un esfuerzo de evaluación de todas aquellas variedades 'Golden similares' que presentan una mayor intensidad de color amarillo, una mejor firmeza, una mayor resistencia a las manipulaciones y una mejor calidad organoléptica. En estos últimos años, una de las novedades de este grupo, es la variedad 'Lory[®] Inogocov'. Se trata de una variedad resistente a moteado que presenta una coloración amarilla muy atractiva y tiene una buena calidad organoléptica (Figura 11).

Varietats de pomes resistents més adaptades a les nostres àrees fructícoles

IRTA

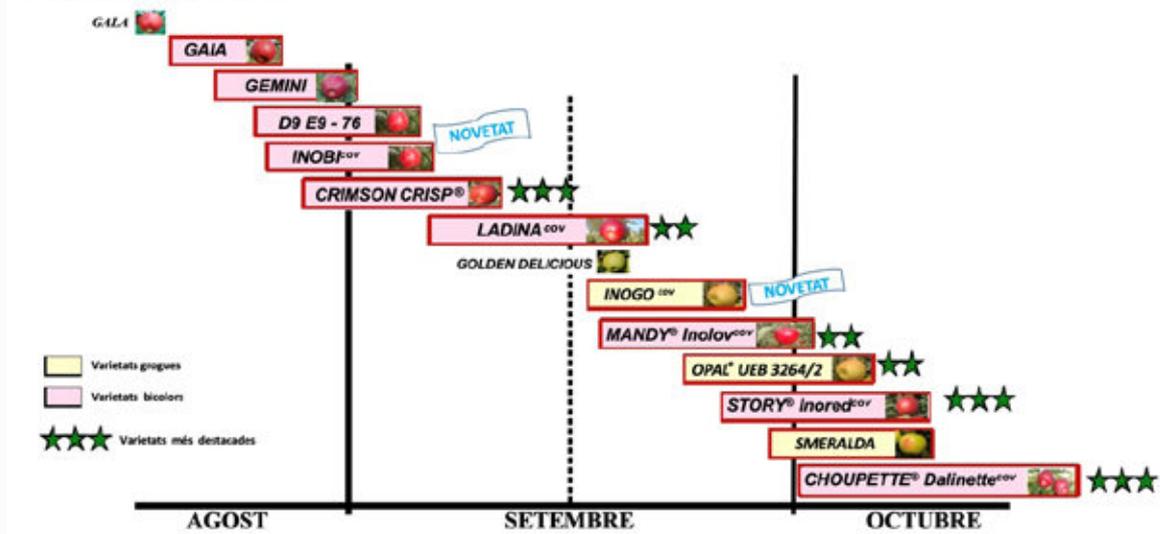


Figura 7. Calendario de maduración de las principales variedades de manzana resistentes a moteado en evaluación en el IRTA durante las campañas 2020-2022.

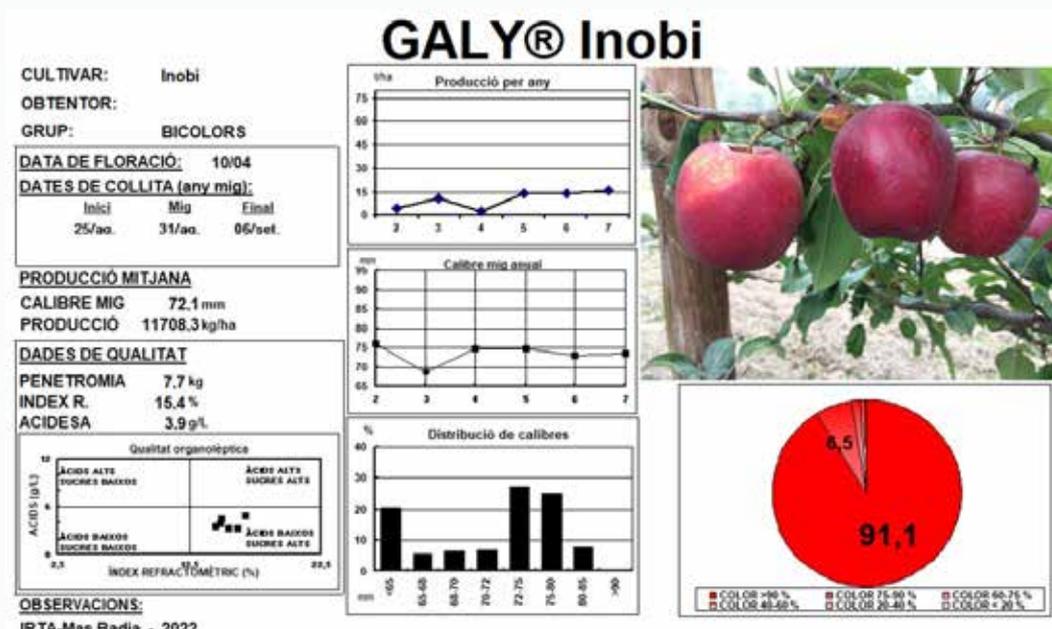


Figura 8. Ficha de la variedad 'Galy[®] Inobi^{cov}' de NOVADI evaluada durante las últimas campañas en el IRTA.

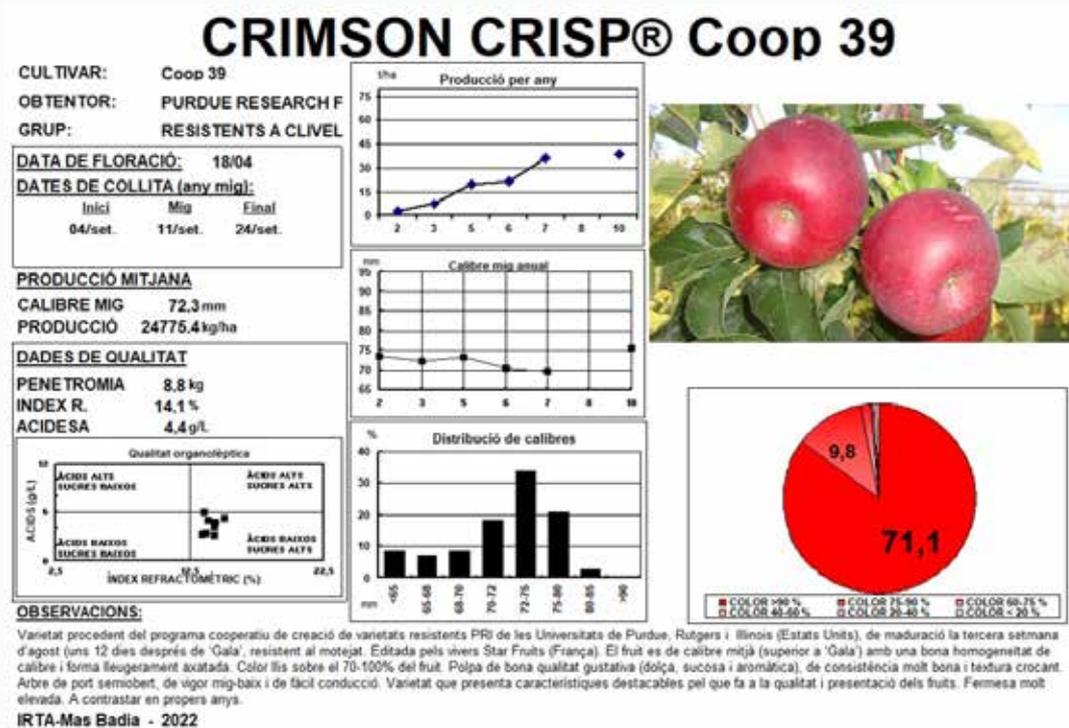


Figura 9. Ficha de la variedad 'Crimson Crisp® Co-op 39cov' evaluada durante las últimas campañas en el IRTA.

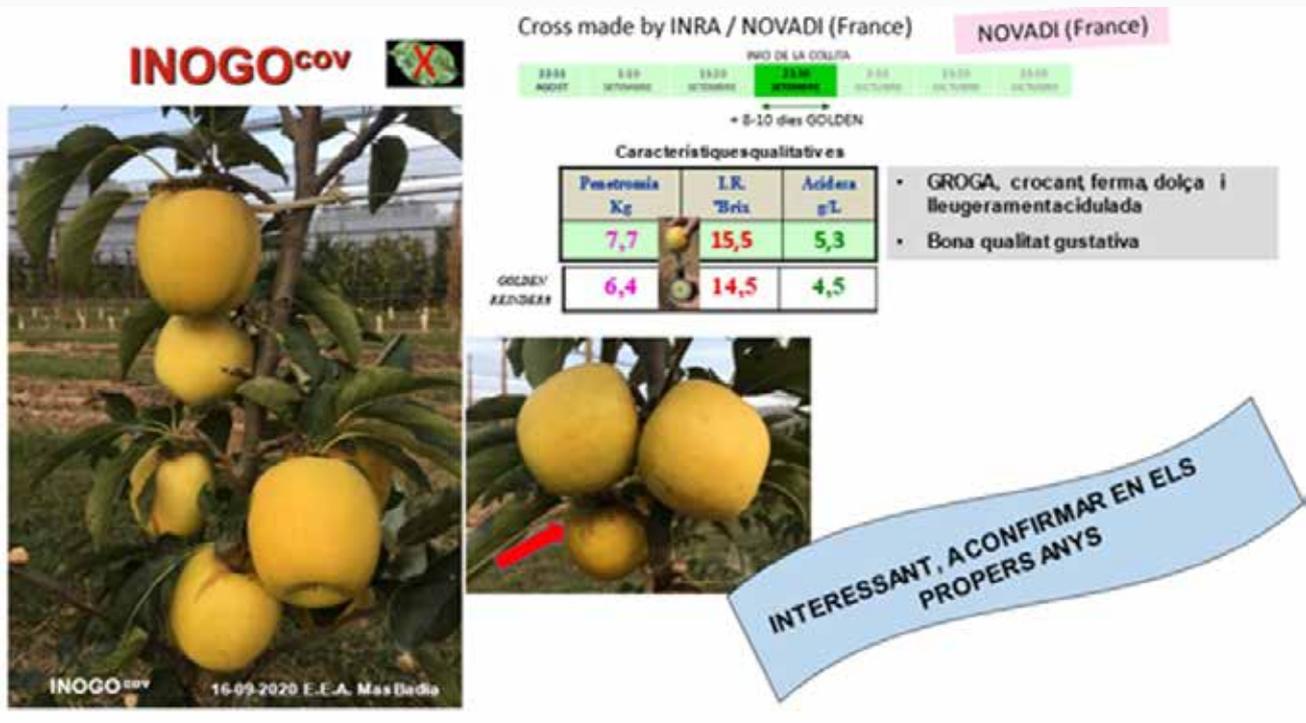


Figura 11. La nueva selección de manzana amarilla 'Lory® Inogocov' ha destacado durante las últimas campañas 2020, 2021 y 2022 por la coloración amarilla de sus frutos.

Esta variedad todavía no está entre las variedades recomendadas porque se necesitan más años de evaluación para confirmar su buen comportamiento en nuestras condiciones de producción, pero a pesar de ello, creemos que es una variedad potencialmente interesante, puesto que es una manzana amarilla que podría ser una alternativa a la GOLDEN. Esta variedad destaca además de su resistencia a moteado, por su color amarillo intenso, por el atractivo y la buena presentación de los frutos, que son muy limpios, aunque habrá que ver si en nuestras condiciones pueden ser susceptibles a "russetting" en la zona peduncular. Madura 8-10 días después de 'Golden Delicious', presenta un buen calibre (70-80 mm) y tiene una buena calidad gustativa, aunque la textura de la pulpa no es demasiado crocante y es algo seca. La pulpa es firme, dulce y ligeramente acidulada. Comparándola con la 'Golden Reinders®' presenta una mayor firmeza, un contenido ligeramente más alto de azúcares y una mayor acidez (Figura 11).

'Mandy® Inolov^{cov}' es otra variedad resistente a moteado que no se adapta bien a las zonas cálidas, ligeramente sensible a caída fisiológica y que hay que preservar para zonas frescas de montaña. 'Opal® UEB 3264/2cov' es una variedad amarilla de alta calidad organoléptica y de alta firmeza que necesita una buena exposición a la luz para que los

frutos cojan color amarillo uniforme, sino hay riesgo de que queden de un color verde - amarillo poco atractivo.

Dos variedades resistentes a moteado bien adaptadas a nuestras zonas frutícolas son Story® Inoredcov y Chouquette Dalinette^{cov}. Story® Inoredcov es una variedad muy productiva, de buena coloración, de calibre regular y homogéneo, resistente a manipulaciones y que su único inconveniente es su poca jugosidad (Figura 12). Esta variedad forma parte de las variedades recomendadas por el IRTA desde el año 2013. Dado su vigor moderado y su rápida entrada en producción es mejor plantarla sobre pies ligeramente más vigorosos y más productivos que las selecciones de M.9, los mejores resultados en ensayos realizados por el IRTA se han obtenido con los portainjertos G.11 y G.41.

Por último, la variedad que también destacamos de las resistentes a moteado por su alta productividad es 'Chouquette® Dalinette^{cov}' (Figura 13). Esta variedad se cosecha en la misma época que 'Fuji', presenta una coloración superior, no es alternante, pero su calidad gustativa no es equiparable a la 'Fuji' ya que aunque presenta unos niveles elevados de azúcar al mismo tiempo presenta una acidez muy alta y menos jugosidad.

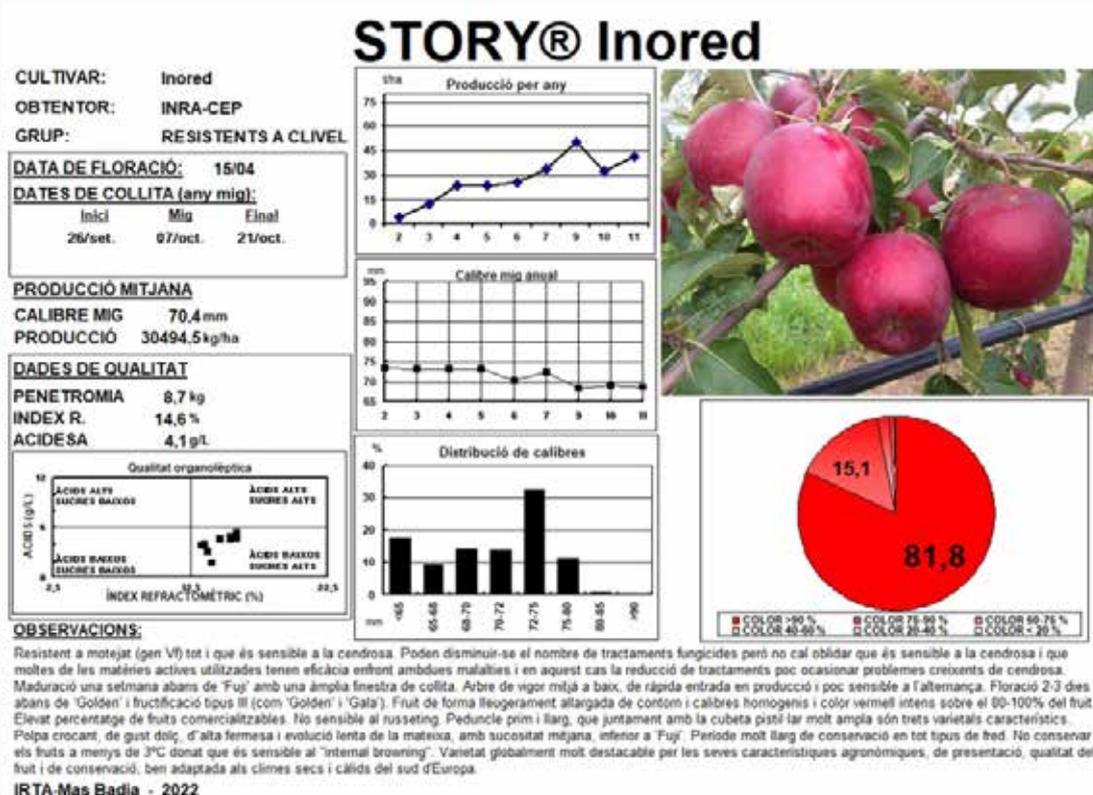


Figura 11. 'Story® Inored^{cov}' una variedad resistente a moteado que está bien adaptada a zonas cálidas y que ya hace años que se planta en nuestras áreas frutícolas.

CHOUPETTE® Dalinette

CULTIVAR: Dalinette
 OBTENTOR: S.N.C. ELARIS & INRA
 GRUP: RESISTENTS A CLIVEL

DATA DE FLORACIÓ: 11/04

DATES DE COLLITA (any mig):

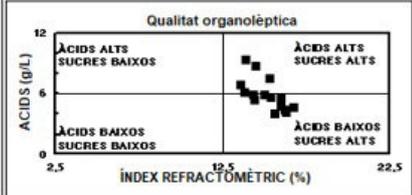
Inici	Mig	Final
17/set.	18/oct.	09/nov.

PRODUCCIÓ MITJANA

CALIBRE MIG 73,9 mm
 PRODUCCIÓ 50293,1 kg/ha

DADES DE QUALITAT

PENETROMIA 7,9 kg
 INDEX R. 15,1 %
 ACIDESA 6,0 g/L



OBSERVACIONS:

IRTA-Mas Badia - 2022

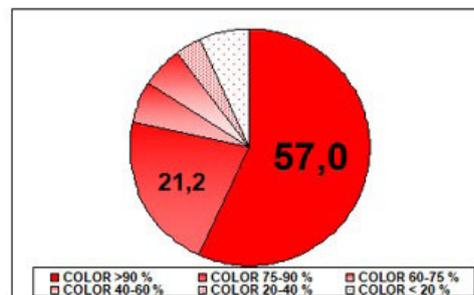
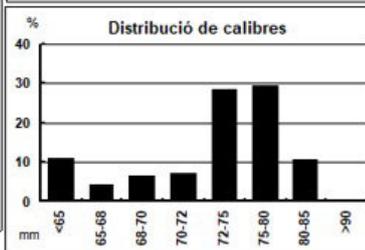
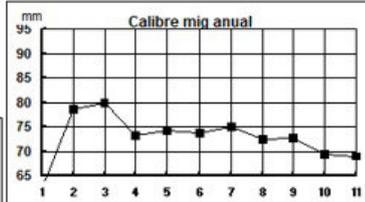
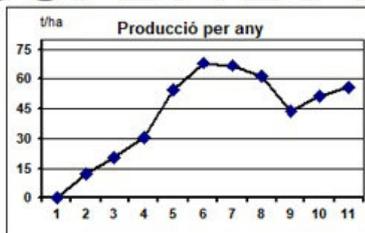


Figura 12. Fich descriptive de la varietat 'Choupette® Dalinette^{cov}', una varietat resistent a moteado, de alta productivitat, evaluada en las colecciones de variedades del IRTA.

Otras variedades que han superado un año cálido como este 2022 y que hará falta seguir de cerca en los próximos años

Son pocas las selecciones que han tenido un buen comportamiento durante esta campaña 2022. A continuación hacemos una recopilación de aquellas selecciones que han destacado y que habrá que seguir en los próximos años. Algunas de ellas se han plantado durante el año 2021 en el estadio B o se plantarán próximamente en un número de 50-100 árboles para poder evaluarlas y realizar controles de otros parámetros agronómicos y productivos (aclareo, sensibilidad a "russeting", resistencia a plagas y enfermedades, época de cosecha, etc) para conocer mejor su comportamiento en nuestras zonas frutícolas y decidir sobre su idoneidad o no.

Entre las variedades que destacamos hay tres selecciones del programa de EPAGRI (Brasil), son 'Luiza', 'Venice' e 'Isadora'. Las tres son bicolors de aspecto muy similar y presentan frutos de similares características organolépticas, frutos muy dulces y con poca acidez. Una variedad obtenida por el programa de IRTA-FruitFutur, la HOT84A1, una manzana bicolor de características gustativas excepcionales, dulce, muy crocante y con una jugosidad estallante. Otra selección que ha destacado por su coloración ha sido 'Divine® Delcoredcov' que además del color rosa violáceo destaca por la resistencia a moteado y la buena calidad. Por último, otra variedad que destacamos procedente del programa de Plant & Food Research (Nueva Zelanda) por su coloración y calidad es la 'T003'.

Conclusiones y recomendaciones de variedades

Las recomendaciones actualizadas de variedades de manzana por las áreas frutícolas de Cataluña, fruto de los resultados obtenidos durante las últimas campañas en las colecciones de variedades del IRTA son las siguientes:

GALA:

Gales estriadas: 'Alpigala'

Gales lisas: 'Gala STAR' Galafab, 'Gala SCHNIGA' SchniCored' y 'Gala BIG BUCKS' Bigbucks'.

GOLDEN: 'Golden Reinders' y 'Golden Crielaard'.

RED DELICIOUS: 'Jeromine^{cov}'.

GRANNY: 'Granny Smith' y 'Challenger' Dalivair^{cov}'.

FUJI: 'Zhen' Fuji Aztec^{cov}' y 'SAN-CIV' FuCIV-51D^{cov}'.

Y, en lo que se refiere a las variedades de manzana resistentes a moteado la variedad recomendada más destacada es 'Story' Inored^{cov}'. Otras destacadas de estos últimos años son: 'Galy' Inobi^{cov}' y 'Lory' Inogo^{cov}' que habrá que confirmar en los próximos años.

También se confirman 'Crimson Crisp' Co-op 39^{cov}' y 'Chouquette' Dalinette^{cov}'.

Activitat finançada a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2020.

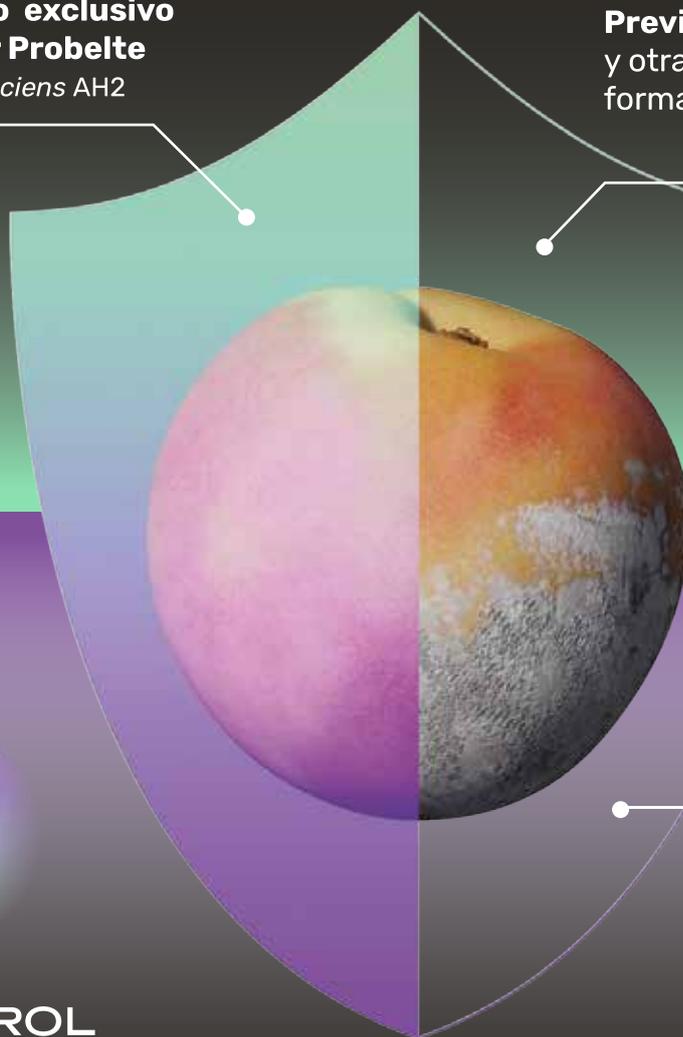


Botrybel

BIOFUNGICIDA FOLIAR PARA UN CULTIVO SALUDABLE

Desarrollado a partir de un **microorganismo exclusivo y patentado por Probelte**
Bacillus amyloquefaciens AH2

Previene y defiende la botrytis y otras enfermedades foliares de forma natural y eficaz



BIOCONTROL

Solución completa para **proteger tu cultivo y tu producción** cosechable sin perjudicar al medio ambiente

DEFENDEMOS EL
BIENESTAR DE TU CULTIVO

 Probelte

Cómo mejorar la eficiencia en la recolección

Estanis Torres y Carlos Faro
IRTA Programa Fruticultura

Introducción

Una forma significativa de reducir costes de producción en plantaciones consolidadas es mejorando la eficiencia en aquellas tareas donde se requiere una elevada disponibilidad de mano de obra, como es el caso de la cosecha.

En los principales cultivos de fruta dulce (manzana, pera, melocotón) la cosecha supone entre un 30–40% de los costes totales y esto se debe a que, hoy por hoy, la recolección manual es insustituible para la mayoría de las frutas consumidas en fresco. Además, la escasa disponibilidad de mano de obra dispuesta a realizar esta tarea es un problema creciente en los países productores en los que existen alternativas más atractivas para los trabajadores, como la confección de productos agroalimentarios, la construcción, o el turismo.

Todo esto hace que mejorar la eficiencia y las condiciones de trabajo durante la recolección de la fruta sean aspectos de principal interés para los productores.

La mejora de eficiencia en el trabajo implica el estudio sistemático sobre la mejora de las posibles condiciones para realizar las tareas y el aumento de la productividad combatiendo el mal aprovechamiento de la fuerza de la mano de obra y de las herramientas utilizadas.

Se ha estimado que, dependiendo del cultivo y del sistema de formación, sólo el 40-60% del tiempo de un recolector está dedicado a cosechar la fruta del árbol. El resto del tiempo, el trabajador sube y baja de la escalera o trineo, la mueve o se desplaza para vaciar la fruta en el palot. Entonces, parece obvio que para aumentar la eficiencia de los recolectores y reducir los costes de recolección, es necesario eliminar o reducir de alguna forma las partes no productivas del trabajo de la recolección.

Para ello, se han diseñado sistemas de producción intensivos y planos donde, además de acortar el período improductivo, se ha reducido la altura de los árboles y la distancia entre filas para facilitar la tarea de recolección haciendo que la fruta esté más accesible para el recolector.

Para aprovechar al máximo estos sistemas, durante la recolección de la fruta, se utilizan trenecitos de palots para facilitar la cosecha. Los trenecitos, además, facilitan la implementación de la recolección directa a palot i reducir así el potencial de golpes que puede recibir la fruta.

Sin embargo, actualmente en la zona productora del Valle del Ebro, el sistema de recolección más utilizado para la cosecha de las principales especies de fruta dulce sigue siendo, en lo que respecta a la logística de distribuir los palots por la parcela, repartirlos previamente al inicio de la recolección y una vez llenos retirarlos para gestionar su transporte al almacén, y para recolectar la fruta del árbol y depositarla a los palots, se utilizan normalmente cubos de 16 litros que los operarios llenan y vacían con cuidado en el palot.

En un estudio previo realizado en 2021 en manzano se observó que la utilización de trenecitos para la movilidad de palots durante la recolección permite mejorar los rendimientos de las cosechas (kg cosechados/hora) respecto al reparto y desplazamiento tradicional de palots con tractor y elevador (Torres & Faro, 2021). Sin embargo, una recolección directa a palot no supuso una mejora en el rendimiento de la recolección respecto a la utilización de cestas tipo mochila para la recolección de fruta o al uso tradicional de cubos con trineo.

De hecho, los mejores rendimientos se obtuvieron con el uso de cestas tipo mochila en comparación con los cubos o la recolección directo a palo. Según los sensores que llevaban los operarios

de este estudio, la mayor eficiencia por parte del trenecito se explica por una reducción de los desplazamientos que debe realizar el operario para vaciar en el palot, mientras que en la comparativa cesta vs. cubo o recolección directa a palot, las diferencias pueden ser explicadas por la ergonomía que la cesta proporciona al trabajador, reduciendo la distancia entre la fruta del árbol y el contenedor donde depositarla, evitándole la realización de giros y movimientos improductivos, lo que se acaba traduciendo en una reducción del tiempo necesario para depositar la fruta recolectada en la cesta.

Estos resultados demuestran que el trenecito y la cesta pueden reducir los tiempos de recolección en sistemas de plantación intensivos de manzano con un reducido marco de plantación, donde la distancia entre el trenecito y los árboles se minimiza, pero se desconoce si estas ventajas se mantienen en plantaciones semi-intensivas, con sistemas de formación voluminosos en vaso y con marcos de plantación más anchos, como son habituales en el cultivo del melocotón.

En este estudio se han comparado, en una plantación de melocotones tradicional en vaso semi-intensiva, distintos sistemas de recolección basados en la combinación de cada uno de los dos métodos de distribución de palots (dinámico con trenecito vs. tradicional estático con tractor+toro) con los distintos métodos utilizados para recolectar la fruta del árbol y depositarla en el palot (directo a palot vs. cesta vs. cubo).

Material y métodos

1. Objetivo

El objetivo de este estudio era demostrar si el uso del trenecito para la movilización de palots y el uso de la cesta tipo mochila para la recolección de la fruta pueden mejorar el rendimiento de la recolección en plantaciones tradicionales de melocotonero en vaso semi-intensivas, en comparación al sistema tradicional estático de reparto de palots con tractor y toro y la utilización de cubos con trineo o la recolección directa a palot.

2. Material vegetal y tecnología de cultivo

La actividad demostrativa se realizó en una finca comercial de melocotones de la variedad 'Tarderina', situada en el término municipal de Corbins, comarca

del Segrià (Lleida). Los árboles fueron plantados en 2017 con un marco de plantación de 5 x 2,5 m. El sistema de formación era en vaso. En la interlínea se realizaban pasos de desbrozadora, manteniendo una cubierta vegetal permanente, mientras que en la zona de goteo se realizaban aplicaciones de herbicidas para el control de malas hierbas. En la Tabla 1 se resumen las características de la plantación.

Cultivo	Nectarina
Varietal	Tarderina
Portainjerto	GF-677
Marco de plantación	5 x 2,5
Sistema de formación	Vaso
Año de plantación	2017
Superficie de ensayo	4.300 m ²

Tabla 1. Características de la parcela donde se realizó el ensayo.

3. Tratamientos

Se evaluaron diferentes métodos de recolección a partir de la interacción entre los sistemas para repartir y desplazar los palots y los equipamientos y contenedores de que disponía el operario para recolectar la fruta y verterla en el palo. En la tabla 2 se especifican los distintos sistemas evaluados.

Transporte de palots	Sistema de recolección y vaciado en el palot
TRADICIONAL (reparto tractor + elevador)	Cubo + trineo por dos cubos Cesta cosechadora
TRENET	Cubo + trineo por dos cubos Directo a palot Cesta cosechadora

Tabla 2. Métodos de transporte de palots y de recolección de fruta evaluados.

A continuación, se hace una descripción de los diferentes sistemas evaluados extraída del artículo técnico presentado en la 'semana frutícola de Mollerussa' en 2021 (Torres & Faro, 2021).

Sistemas para el transporte y manipulación de los palots durante la recolección

1. TRADICIONAL (reparto estático con tractor + elevador):

Este sistema consiste en, previamente a entrar a cosechar, repartir los palots por la calle con un elevador (autopropulsado, o más frecuentemente, pegado al tractor) haciendo una estimación de la cosecha presente en los árboles.

Durante la recolección se ajusta manualmente la posición del palot según las necesidades. Durante la jornada o cuando se ha terminado de cosechar, el tractorista los repliega con el tractor y el elevador para dejarlos en la plaza, almacén o cargar en el remolque o camión (Figura 1). Actualmente es el sistema más utilizado por la mayoría de los productores catalanes.

2. TRENECITO (covvn tractor o minitractor eléctrico):

se denomina trenecito a una serie de módulos, de pequeños remolques, que pueden llevar uno o dos palots. pegados uno detrás de otro en forma de tren (de ahí su denominación). Con este sistema se ahorra el reparto y repliegue dentro y fuera, respectivamente, de la plantación. En definitiva, se reduce el tiempo de manipulación de palots. Además,

se reduce la distancia entre los cosechadores y el palot disponible para verter la fruta, por lo que se mejora el rendimiento del operario. El arrastre del trenecito se hace habitualmente con tractor. Como alternativa al tractor, ha aparecido en el mercado un minitractor eléctrico de la compañía Ecogreen (Italia) para el arrastre de trenes con palots de fruta, adecuado para la recolección de manzanas, peras y melocotones, entre otros (Figura 2). Este sistema es una nueva alternativa para la manipulación de palots en la plantación. Puede remolcar de 10 a 12 palots, haciendo que la cosecha sea muy eficiente. Este sistema ha recibido mucho interés en otros países Europeos precisamente por ser una máquina eléctrica y ecológica.



Figura 1. Sistema tradicional de recolección de melocotón mediante el reparto previo y posterior repliegue de palots con tractor y elevador.



Figura 2. Sistema de trenecito remolcado por tractor para la recolección de fruta (arriba izquierda) y minitractor eléctrico para el remolque de palots (arriba derecha y abajo).

Sistemas de recolección y vertido de la fruta al palot

CUBO y trineo: el uso de cubos de 16 litros es el sistema tradicional para cosechar fruta en Cataluña. Aunque es un sistema práctico y barato, puede suponer algunos inconvenientes. El principal son los golpes que puede recibir la fruta si el operario no es especialmente cuidadoso. Otro inconveniente es la necesidad de 'patinetes' o 'trineos' para transportar los cubos y evitar que el recolector tenga que agacharse para dejar la fruta (Figura 3).



Figura 3. Recolección de melocotones con cubos y trineo.

CESTA RECOLECTORA: son cestas robustas y confortables que ayudan a recolectar la fruta, especialmente la más delicada. Disponen de una robusta pero ligera carcasa en aluminio protegido con recubrimiento de PVC. Están internamente enfundados en goma espuma que impide daños a los frutos más delicados. Son de fácil vaciado en palots o cajas. El largo saco por la parte inferior frena la rotación de los frutos reduciendo los daños en los mismos. Según los modelos, el saco puede ser en PVC o tela muy robusta. Llevan una cinta que disminuye la presión sobre la espalda permitiendo que el operario disponga en todo momento de las

dos manos libres para la recolección de fruta. La capacidad de la cesta se puede elegir de 16 o 12 kg según la envergadura del operario (Figura 4).



Figura 4. Recolección y vaciado de la fruta en el palito con cesta cosechadora.

DIRECTO a palot: en especies o variedades especialmente sensibles a los golpes, recolectar la fruta del árbol directamente al palot, sin utilizar cubos o cestas, puede ayudar a reducir los daños por golpes. Este sistema puede implantarse fácilmente con un sistema de remolque de palots con trenecito, marcos de plantación estrechos y sistemas de formación poco voluminosos (Figura 5).



Figura 5. Recolección directa a palot de manzanas.

Parámetros evaluados

Rendimientos y movimientos durante la recolección

Durante un turno de trabajo continuo se cuantificó el rendimiento de recolección de cada uno de los tratamientos. Cada tratamiento se evaluó sobre una superficie aproximada de 900 m². En cada jornada, se dispuso de dos grupos de cuatro operarios y un tractorista.

En un mismo turno de trabajo se probaban simultáneamente dos sistemas de manipulación de palots combinados con uno de los sistemas de recolección. Los operarios llevaron un podómetro instalado en la cintura y otro en la muñeca para caracterizar el grado de movimiento que realizaban en cada sistema de recolección (Figura 6).

Cada hora, aproximadamente, se anotó una estimación de la producción recolectada por cada sistema (volumen del palot llenado) para registrar la evolución del rendimiento en función del momento del día. Al final de la jornada se pesaba toda la producción recolectada por cada sistema.

Para cada caso, se anotó la maquinaria y equipos utilizados (tractores, toros, patinetes,...) para llevar a cabo la cosecha y las horas de trabajo de la maquinaria (tractores, toros,...).

Incidencia de golpes

Paralelamente, se realizó una prueba para evaluar la incidencia de golpes en los distintos contenedores utilizados para llevar la fruta al palot (cesta, cubo, directo a palot). La prueba se realizó en la variedad de melocotón amarillo '58-GC-76' al considerar este tipo de melocotón más sensible a los golpes.

Una muestra de fruta de 200 frutos recolectada con cada contenedor se conservó en frigoconservación.

Después de una semana y 24 horas en condiciones de 'shelf life' se realizó una evaluación visual del aspecto del fruto (presencia de golpes, podredumbre, etc).

Estudio económico

Por último, se realizó un estudio económico del coste de la recolección donde se contempló el rendimiento de recolección de cada sistema (kg/h), el coste de la mano de obra (10 €/h) y el alquiler de trenes (3,5 €/tren y día).

El gasto por la compra de cubos, trineos y cestas se depreció por su bajo coste respecto al tiempo de amortización.



Figura 6. Detalle del podómetro en la cintura y en la muñeca en uno de los operarios para monitorizar el movimiento.

Resultados y discusión

Rendimientos de recolección

Entre los sistemas de reparto y transporte de palots, el TRENECITO incrementó un 11% el rendimiento de la recolección de melocotones respecto a la distribución TRADICIONAL (239 vs. 216 kg/h). Entre los sistemas de recolección y vaciado de la fruta, el sistema con CESTA obtuvo el rendimiento más alto (264 kg/h), seguido del CUBO (216 kg/ha) y, por último, la recolección DIRECTA a palot (187 kg/h) (Figura 7).

Al comparar las combinaciones posibles entre los sistemas de reparto y transporte de palots y los sistemas de recolección y vaciado de la fruta, el sistema TRENECITO-CESTA registró el rendimiento de recolección más alto (297 kg/h), seguido del TRENECITO-CUBO y TRADICIONAL-CESTA, los dos sin apenas diferencias (232–230 kg/h) (Figura 8). El sistema de recolección DIRECTA a palot (únicamente probado para el TRENECITO) registró los valores de rendimiento más bajos (187 kg/h).

Evaluación de los movimientos

Según los datos registrados por los podómetros, el sistema con TRENECITO redujo en un 26% el movimiento en pasos necesarios para recolectar un kg de fruta (Figura 10). La reducción de desplazamiento para el vaciado al palot y, en definitiva, la reducción de movimientos improductivos nos explicaría el mayor rendimiento del TRENECITO respecto al sistema TRADICIONAL.

Entre los sistemas de recolección y vaciado de la fruta, la CESTA fue la opción que requirió la realización de un mayor número de pasos por kg de fruta recolectada, independientemente del sistema de reparto y distribución de palots.

Una de las causas de las diferencias en el desplazamiento entre la CESTA y el CUBO se debe a que, aunque el volumen de la CESTA es 1,3 veces superior a la del CUBO, con este último se utilizó un trineo que permitía llenar dos cubos simultáneamente, reduciendo los desplazamientos para vaciarlos en el palot.

El sistema DIRECTO a palot requirió un número de pasos similar al CUBO pero con un rendimiento de recolección inferior.

Estas diferencias entre contenedores también se observaron en el ensayo realizado en manzano (Torres & Faro, 2021).

Estos resultados sugieren que la distancia entre el palot y el árbol no parece ser el principal motivo que determina el rendimiento de recolección del contenedor utilizado para llevar la fruta al palot. Por tanto, la eficiencia en el rendimiento de recolección depende más de la duración de los movimientos que se realizan para cosechar la fruta en el árbol y depositarla en el contenedor utilizado (cesta, cubo, palot) que de la distancia entre el operario y el palot.

En este sentido, la recolección DIRECTO a palot requiere una serie de movimientos de mayor duración para depositar la fruta del árbol al palot que, aunque no supone un aumento del desplazamiento (número de pasos), hacen reducir el rendimiento de recolección. Por otro lado, La CESTA fue el contenedor que requirió la realización de un mayor número de pasos por kg de fruta recolectada, independientemente del sistema de reparto y distribución de palots (Figura 9), pero fue el sistema de recolección más eficiente.

Este hecho se explicaría por la ergonomía de las cestas que permiten ser más eficientes en la recolección de la fruta del árbol, reduciendo la distancia entre la fruta del árbol y el contenedor donde depositarla y, en consecuencia, los movimientos estáticos e improductivos que se producen con otros sistemas. Esta mayor eficiencia en la recolección del fruto del árbol compensa el tiempo de desplazamiento para vaciar las cestas en el palot, convirtiéndolo en el contenedor más eficiente para la recolección.



Figura 7. Rendimientos según el sistema de reparto y transporte de palots (izquierda) y según el sistema de recolección y vaciado de la fruta al palot (derecha).

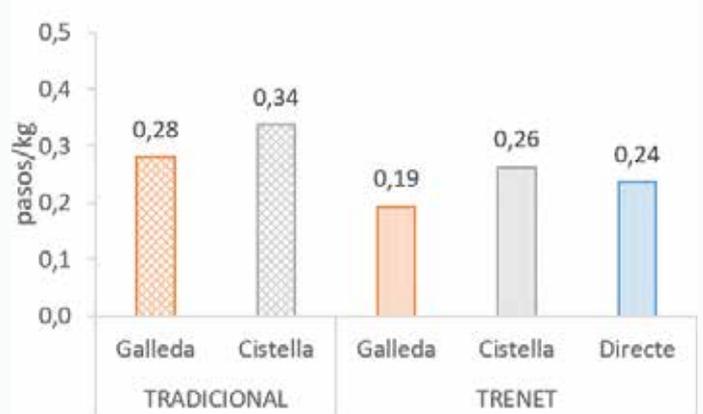
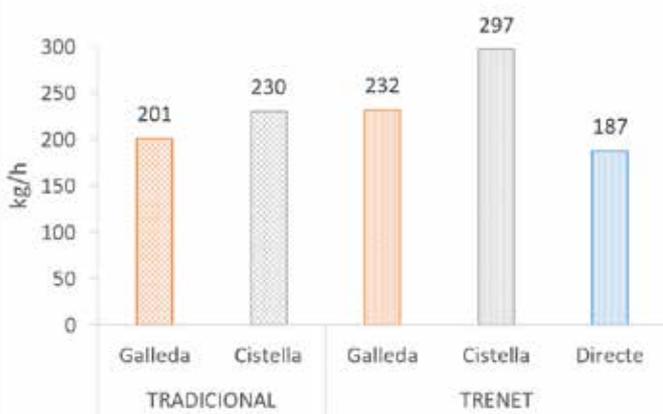


Figura 8. Rendimientos según las diferentes combinaciones de sistemas de reparto y distribución de palots y de recolección y vaciado de la fruta al palot.

Figura 9. Movimientos medidos con podómetro por kg de fruta recolectada según las posibles combinaciones entre los sistemas de reparto y distribución de palots (izquierda) y los sistemas de recolección y achique de la fruta (derecha).

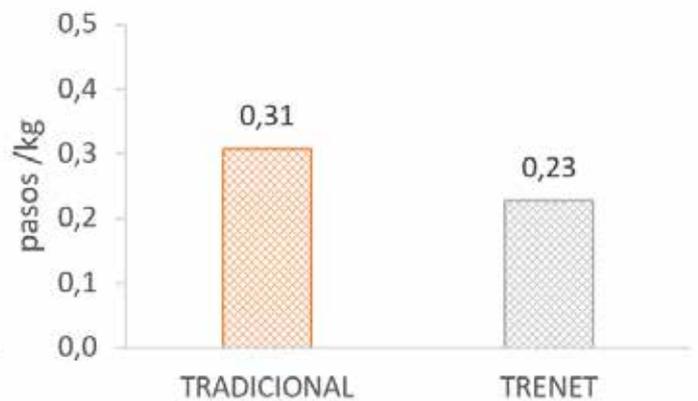
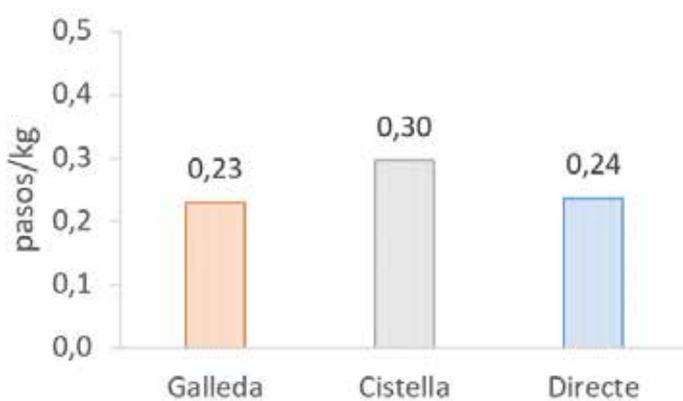


Figura 10. Movimientos medidos con podómetro por kg de fruta recolectada según el sistema de reparto y distribución de palots (izquierda) y el sistema de recolección y vaciado de la fruta al palot (derecha).

Incidencia de golpes

La prueba de incidencia de golpes se realizó en la variedad de melocotón amarillo '58-GC-76', al considerar este tipo de melocotón más sensible. Se evaluaron los tres sistemas para llevar la fruta del árbol al palo (GALLEDA, CESTA, DIRECTO). La fruta se guardó siete días en cámara y un día a temperatura ambiente.

Se valoraron los oscurecimientos epidérmicos que se veía que habían afectado a la pulpa (debido a golpes al vaciar, o bien a presiones al cosechar o transportarlos dentro del recipiente de cosecha). La incidencia de afectación fue en el conjunto del ensayo inferior al 5% y sin diferencias significativas entre los distintos sistemas.

Sin embargo, cabe decir que el sistema con menos golpes fue la recolección directo a palo, confirmando la tendencia ya observada en el ensayo con manzana (Figura 11).

Estudio económico

La simulación de los costes de recolección se hizo por una variedad de melocotón con un potencial de producción de 30 t/ha y el alquiler (3,5 €/trenet y día) de ocho trenecitos (4 trenecitos para recolectar y 4 trenecitos de sustitución).

La recolección DIRECTO a palot supuso el coste de recolección más elevado (2166 €/ha), mientras que la recolección con CESTA fue la más económica, sin diferencias significativas entre los sistemas de reparto de palots (1364 –1304 €/ha).

Por otra parte, el coste de recolectar con TRENET y GALLEDA fue más elevado que utilizando la GALLEDA y el reparto TRADICIONAL estático de palots (1746 vs. 1493 €/ha).

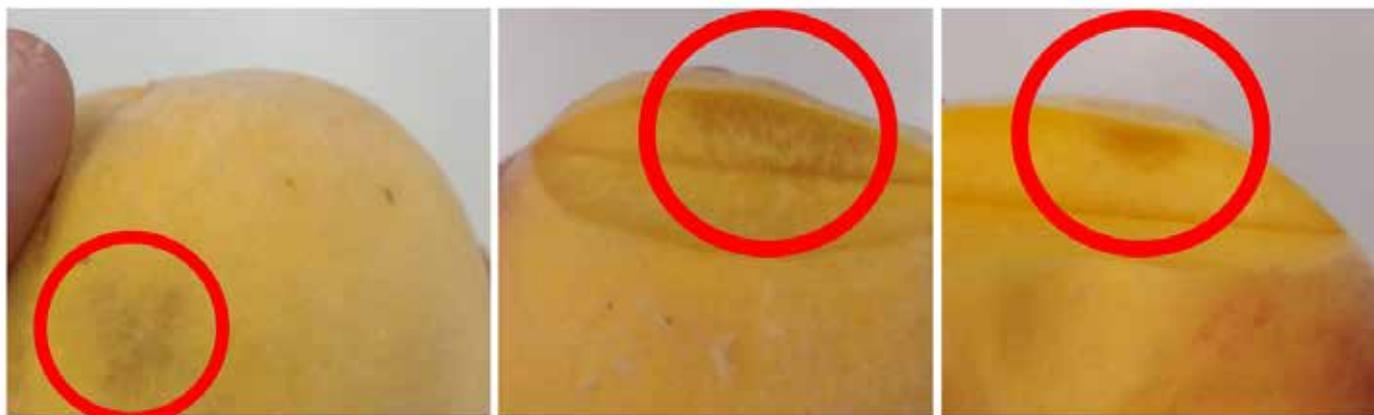


Figura 11. Ejemplo de golpes evaluados en melocotón amarillo '58-GC-76'.

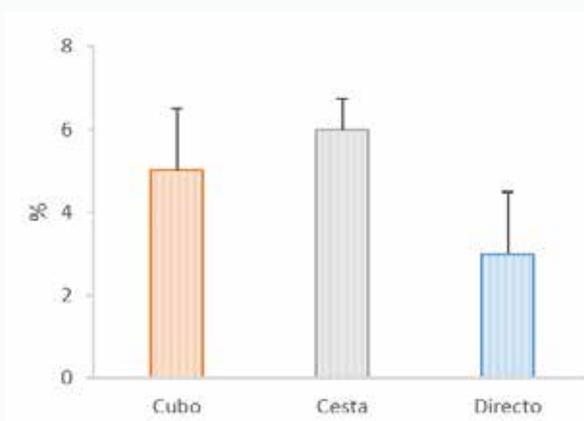


Figura 12. Porcentaje de frutos con golpes en melocotón amarillo '58-GC-76'.

Otros factores como el tiempo de preparación, reparto y/o cambios de palots, que también pueden alterar estos resultados, no se han considerado al estar estrechamente relacionadas con las características de la plantación (superficie, distancia entre almacén y plantación, etc.).

Cabe remarcar que el trenecito, aparte de reducir el tiempo de recolección tal y como se ha demostrado en estos estudios, puede aportar otras ventajas relacionadas con la logística de reparto de los palots, especialmente en plantaciones de gran superficie, y que han tenido en consideración en este estudio económico.

Además, las diferencias entre los trenecitos y reparto estático posiblemente se acortarían, o incluso se intercambiarían, en el caso de estimar el coste de adquisición de los trenecitos y el tiempo de amortización en lugar del alquiler tal como se es considerado en este supuesto. Sin embargo, una vez que se hayan estimado el resto de factores, consideramos que los resultados obtenidos son un buen punto de partida para decidir el sistema más eficiente para nuestra plantación.

El sistema DIRECTO a palot requirió un número de pasos similar al CUBO pero con un rendimiento de recolección inferior.

	TRENET			TRADICIONAL (estático)	
	DIRECTO	CESTA	CUBO	CESTA	CUBO
COSTE TRENITOS (€/h)	3,5	3,5	3,5	-	-
COSTE MANO DE OBRA (€/h)	10	10	10	10	10
RENDIMIENTO (kg/h)	187	297	232	230	201
RENDIMIENTO (h/ha)	160	101	129	130	149
COSTE (€/ha)	2166	1364	1746	1304	1493

Tabla 3. Estudio económico para una variedad de melocotón con potencial productivo de 30 t/ha.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en melocotón en 2022 han ido en la línea con los obtenidos en manzana en 2021. A continuación se hace un repaso de las conclusiones obtenidas.

- El TRENET permite alcanzar rendimientos de cosechas (kg cosechados/hora) superiores al reparto TRADICIONAL estático de palots con tractor y elevador. Esta mayor eficiencia puede explicarse por una reducción de los desplazamientos que debe realizar el operario para vaciar en el palot.
- Los mejores rendimientos se obtuvieron con la CESTA tipo mochila, aunque requirió un mayor número de desplazamiento para ir a vaciar al palo. Estas diferencias podrían ser debidas a la ergonomía que la CESTA proporciona al trabajador, reduciendo la distancia entre la fruta al árbol y el contenedor, lo que permite evitar la realización de movimientos improductivos y acortar el tiempo para depositar la fruta recolectada en el contenedor. La recolección DIRECTO a palot no supuso una mejora en el rendimiento de la recolección respecto a la

utilización de CESTAS o CUBO con trineo, debido a que requiere de más tiempo para depositar la fruta del árbol al palot.

- Con el sistema DIRECTO a palot se redujo el porcentaje de frutos con golpes, aunque con diferencias no significativas entre los distintos sistemas.
- La utilización de CESTAS supuso un ahorro en el coste de la recolección independientemente del método de reparto de palots, mientras que la recolección DIRECTO a palot con TRENETS fue el sistema con el coste de recolección más elevado.

Agradecimientos

Los autores queremos agradecer a Joan Pijoan, director técnico de Nutriconsell SL, a Eduard Argiles, de la empresa Argilés Disseny i Fabricació SL, a David Solans, socio de la Cooperativa Frutera de Corbins, ya Xavier Maimó de la empresa Maimó Fruits SL, por su colaboración en la realización de este trabajo.

Esta actividad forma parte del proyecto demostrativo “Mejora del rendimiento de la recolección de frutos (RECFRUIT)”, financiado a través de la Operación 01.02.01 de Transferencia Tecnológica del Programa de desarrollo rural de Cataluña 2014-2020.



Referencias

Torres, E. & Faro, C. (2021). ¿Cómo podemos mejorar la eficiencia y calidad en la recolección?. IRTA Semana Frutícola 2021, p. 151-155. <https://www.irta.cat/wp-content/uploads/2022/06/ARTICLE-com-podem-millorar-eficacia-i-qualitat-recolleccio.pdf>

Torres, E. & Faro, C. (2022). Proyecto RECFRUIT: Cómo mejorar el rendimiento en recolección y Guía de Buenas Prácticas para fruticultores. XXVI Exposición del Melocotón y la Nectarina, p. 17-21. https://www.irta.cat/wp-content/uploads/2022/06/CAT_-RECFRUIT-exposicio-pressec-nectarina-2022-2.pdf



ASF Edition

by A&L Maillard

Variedades aromáticas de gran sabor,
atractivas, muy productivas, de larga vida
comercial y disponibles durante todo
el calendario de producción.

regal'in
Le virtuose du goût

Candine
Tu te souviens?

ondine
Le snack sain & gourmand !

Nectarinas | Melocotones | Albaricoques
Paraguayos | Nectarinas planas
Cerezas | Manzanas



Viveros autorizados

Frutaria
Life

QUALITYPLANT
ROBUST & HEALTHY SYSTEM

Exposición comentada de variedades de melocotón y nectarina.

Gemma Reig - IRTA- Programa Fruticultura

Condiciones climatológicas del año 2022

Desde unos años se observa que los inviernos (desde 1 de diciembre al 28 de febrero) están siendo más cálidos. De hecho, éste es el cuarto invierno más cálido desde que se tiene registro de datos, y el tercero más cálido del siglo XXI, por detrás de los inviernos 2019-2020 y 2015-2016.

El mes de enero fue bastante cálido, sobre todo durante la segunda semana llegando a valores máximos de 18°C (Figura 1) y mínimos de 7°C (Figura 2) el día de 10 enero. Por otra parte, a partir de la segunda quincena, tanto los valores máximos (Figura 1) como mínimos (Figura 2) se han

situado por debajo de la media del período 2007-2022, principalmente las temperaturas mínimas, ocasionando una ola de frío entre los días 14 y 18 de enero. Esta situación es lo que ha causado que en 2022 se haya registrado una anomalía térmica negativa de -1°C en las zonas internas del Valle del Ebro.

El mes de febrero también ha sido cálido, con valores superiores a 16°C en la mayoría de los días (Figura 1). En cuanto a los valores mínimos, principalmente los registrados durante la primera quincena, han variado entre 2-4°C por debajo si se compara con datos registrados en 2021 por el mismo período (Figura 2).



Figura 1. Temperaturas máximas diarias de los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2020, 2021 y 2022, y la media del período 2007-2022 registradas en la Finca de Gimenez del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente datos climáticos: DACC.

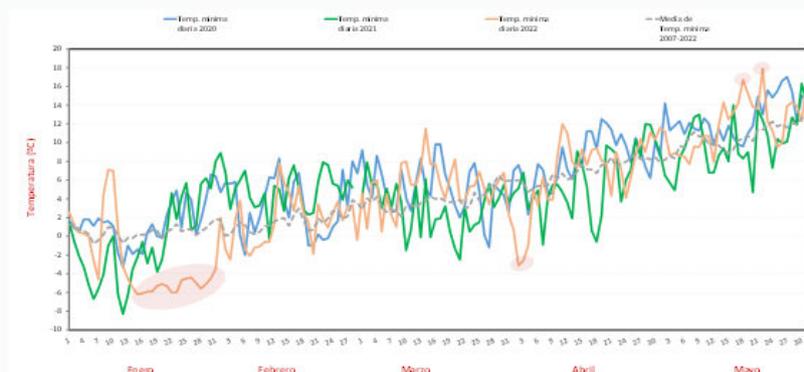


Figura 2. Temperaturas mínimas diarias de los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2020, 2021 y 2022, y la media del período 2007-2022 registradas en la Finca de Gimenez del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente datos climáticos: DACC.

El período total de floración de las variedades evaluadas este 2022 en la Finca de Gimennells ha comenzado a mediados de febrero y ha terminado en la primera semana de abril. Por el mismo número de variedades evaluadas tanto en 2021 como en 2022, la fecha de inicio de floración se ha retrasado 10 días respecto a 2021. En el presente documento se indica tan sólo la fecha de plena floración correspondiente a 2022.

El mes de marzo fue un mes bastante frío, donde la nubosidad ha hecho que la oscilación térmica diaria fuese baja, con temperaturas máximas (Figura 1) y mínimas (Figura 2) relativamente bajas y altas respectivamente. Esta tónica ha continuado durante la primera semana de abril. De hecho, es esta semana, y concretamente los días 2, 3 y 4 de abril, cuando se han registrado las temperaturas mínimas más bajas de un mes de abril, durante los últimos 30 años. Los valores más extremos se han observado en días distintos, dependiendo de la zona. En la noche del 2 al 3 de abril se alcanzó valores inferiores a -5°C , en algunas estaciones meteorológicas del interior de Cataluña. En Gimennells, las variedades de melocotonero estuvieron sometidas durante 6 horas a temperaturas por debajo de 0°C durante dos noches consecutivas, las del 3 y 4 de abril concretamente. En estos días, las variedades se encontraban en distintos estadios fenológicos, pero la mayoría ya estaban en la fase de caída del collar o inicio del cuajado del fruto, ambos estadios muy sensibles a temperaturas por debajo de 0°C .

En cambio, el mes de mayo fue un mes muy cálido. En concreto, fue el más cálido registrado en el siglo XXI y el segundo desde mediados del siglo XX. En Gimennells se han registrado temperaturas superiores a 30°C a partir del 9 de mayo (Figura 1) en la mayoría de los días, mientras que las mínimas apenas han descendido de 10°C durante el mismo período de tiempo (Figura 2).

Las temperaturas diarias (máximas y mínimas) registradas en la Estación Meteorológica de Gimennells en los meses de junio y julio se exponen en las Figuras 3 y 4. Estos dos meses destacan por haber sido muy calurosos y haber registrado una ola de calor en cada uno de ellos, en el que se han registrado tres días seguidos con valores superiores a 40°C . Sin embargo, durante estos dos meses también se han registrado muchos días con temperaturas superiores a 36°C . Destaca sobre

todo el mes de julio, con un período de 14 días seguidos (desde el 9 al 22 de julio) con valores máximos iguales o superiores a 36°C , mientras que en junio fue un período más corto, 8 días (del 11 al 18 de junio). La primera quincena de junio ha sido la más cálida en España desde 1950. A todo ello, se ha añadido que cada vez más tenemos noches tropicales, con temperaturas superiores a los 20°C .

El mes de agosto también ha sido un mes muy cálido (Figuras 5 y 6). De hecho, es el segundo mes de agosto más cálido de lo que llevamos de siglo XXI. Destaca principalmente la ola de calor registrada en las dos primeras semanas de agosto, con valores superiores a los 36°C todos los días, y próximos a 40°C los días 3 y 12 de agosto. El mes de septiembre ha continuado con esta tónica de calor, principalmente los 12 primeros días del mes con valores máximos entre 1 y 4°C por encima de la media de temperatura máxima registrada entre el 2007 y el 2022. A partir de aquí, las temperaturas se han normalizado por la época del año, con excepción de 2 días a finales de mes donde las temperaturas mínimas estuvieron 2°C por debajo de la media.

Respecto a la pluviometría, este 2022, principalmente desde enero hasta julio, se ha caracterizado por ser un año seco, aunque ha tenido meses con bastante lluvia acumulada (Figura 7). Durante los meses de enero y febrero tan sólo se han registrado 8 litros en la finca de Gimennells. En cambio, los meses de marzo y abril han destacado por ser muy lluviosos, con una pluviometría acumulada de 39,2 y 52,8 litros respectivamente, mientras que en mayo tan sólo ha acumulado 9 litros. Pese a que la primavera ha sido lluviosa, las lluvias no han sido suficientes para revertir la sequía meteorológica con la que terminó el invierno.

La precipitación acumulada en los meses de junio y julio ha sido también muy baja (Figuras 8), con valores acumulados de 13,9 y 32,8 litros respectivamente. Tan sólo destacó el 6 julio donde se registró 24,2 litros.

El mes de agosto ha acumulado 30 litros en tan solo 2 días, donde el 82% se ha registrado en tan solo 1 día (24,6 litros el 29 de agosto) (Figura 9). El mes de septiembre no ha sido muy diferente respecto a la lluvia acumulada (830,3 litros), pero si en frecuencia (nº de días que ha llovido). Ha llovido 5 días respecto



Figura 3. Temperatura máxima diaria de los meses de junio y julio de 2020, 2021 y 2022 y la media del período 2007-2022 correspondientes a la finca de Gimennells del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente de los datos climáticos: DACC.



Figura 4. Temperatura mínima diaria de los meses de junio y julio de 2020, 2021 y 2022 y la media del período 2007-2022 correspondientes a la finca de Gimennells del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente de los datos climáticos: DACC.



Figura 5. Temperatura mínima diaria de los meses de agosto y septiembre de 2020, 2021 y 2022 y la media del período 2007-2022 correspondientes a la finca de Gimennells del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente de los datos climáticos: DACC.

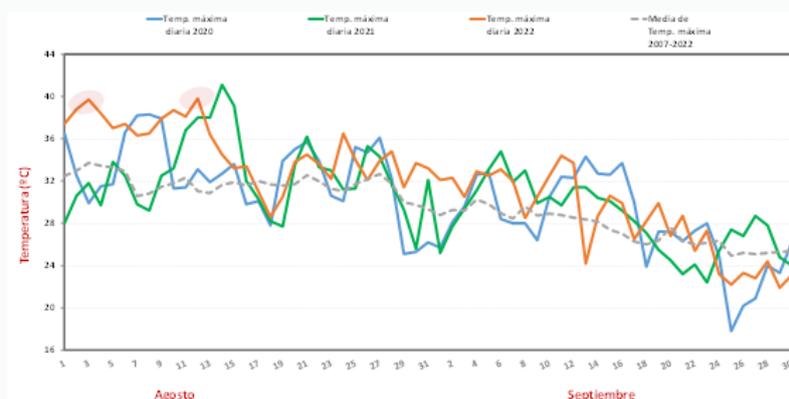


Figura 6. Temperatura máxima diaria de los meses de agosto y septiembre de 2020, 2021 y 2022 y la media del período 2007-2022 correspondientes a la finca de Gimennells del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente de los datos climáticos: DACC.

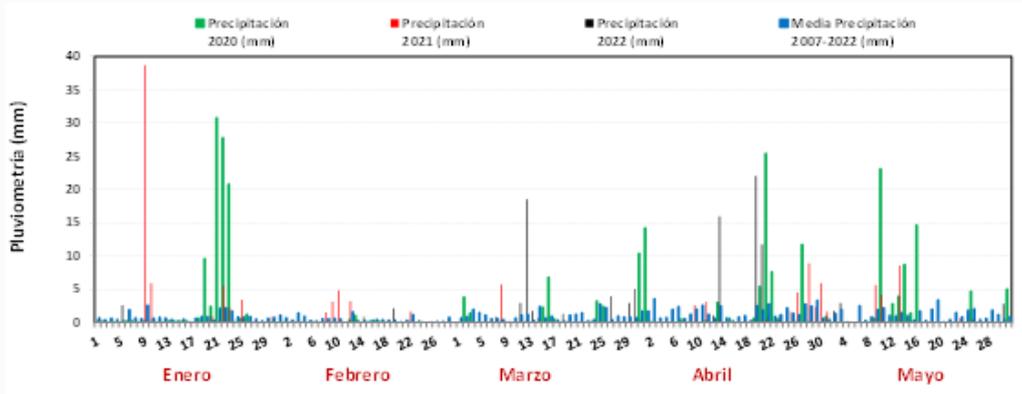


Figura 7. Pluviometría diaria de los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2020, 2021 y 2022, y la media del período 2007-2022 correspondientes a la finca de Gimennells del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente de los datos climáticos: DACC.

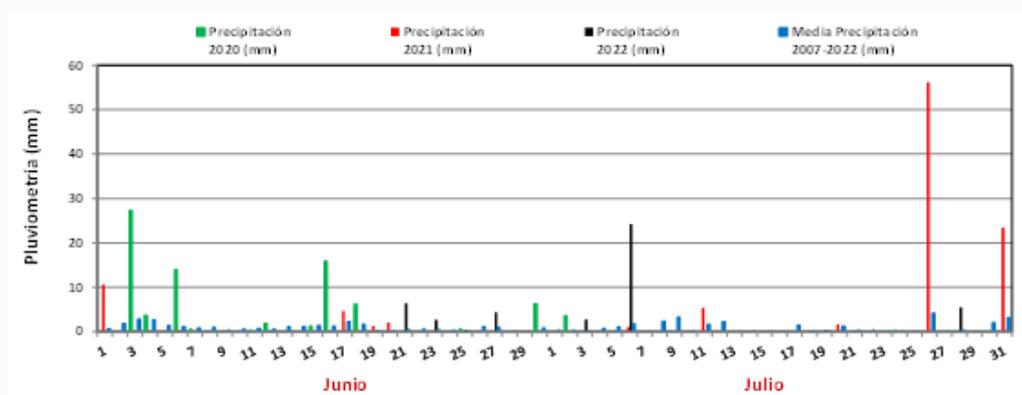


Figura 8. Pluviometría diaria de los meses de junio y julio de 2020, 2021 y 2022 y la media del período 2007-2022 correspondientes a la finca de Gimennells del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente de los datos climáticos: DACC.

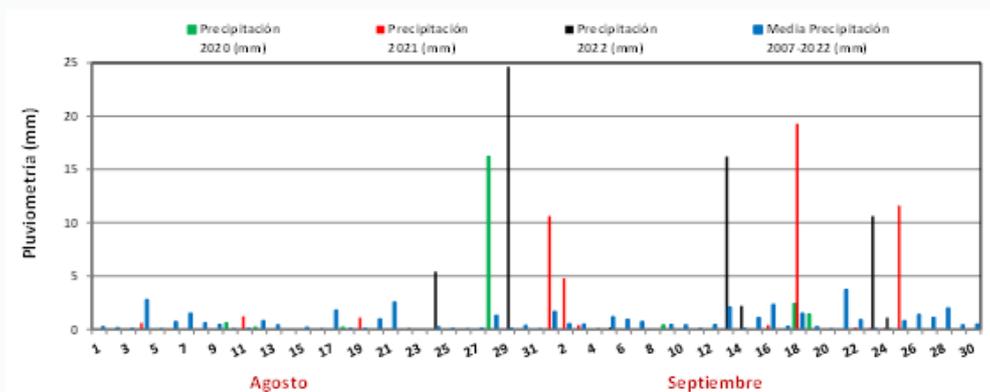


Figura 9. Pluviometría diaria de los meses de agosto y septiembre de 2020, 2021 y 2022 y la media del período 2007-2022 correspondientes a la finca de Gimennells del IRTA-Programa Fruticultura. Fuente de los datos climáticos: DACC.

los 2 del mes de agosto. Desde el 1 de enero hasta el 30 de septiembre ha llovido 107 litros, 50 litros menos si se compara con los datos del 2021 por el mismo período.

Finalmente, hay que mencionar las granizadas producidas durante el mes de agosto, principalmente las de los días 3, 5 y 8 de agosto,

momento de plena producción de melocotón en nuestra zona productora. Las hectáreas afectadas en los municipios de Albesa, Alcarràs y Lleida superaron las 50 hectáreas, con una afectación de la producción entre el 40 y el 50% (Fuente: AFRUCAT).

Las condiciones meteorológicas que se han dado desde enero hasta septiembre en la finca de Gimennells se han traducido en:

- Retraso inicio floración respecto a 2021.
- Poca o nada necesidad de aclareo de frutos en la mayoría de las variedades, debido a las heladas producidas durante el mes de abril.
- Retraso en la recolección de 5-10 días respecto a 2021, dependiendo de las variedades.
- Afectación por lenticela en algunas variedades en particular de nectarina y nectarina plana.
- Frutos que no han expresado su máximo potencial de crecimiento y se han quedado pequeños.
- Maduración acelerada e irregular en los frutos anteriormente citados.
- Sabores extraños en algunos frutos.
- Maduración rápida en postcosecha.
- Cierre pistilar del melocotón y nectarina plana afectado en algunas variedades, debido en gran parte a la afectación del fruto por las heladas consecutivas ya la lluvia acumulada durante el mes de abril.
- Porcentaje de frutos con huesos abiertos similar o inferior a la media de los años anteriores evaluados.
- Poca afectación por Monilinia desde finales de agosto hasta finales de septiembre, si se compara con otros años.

Producción europea, española y catalana

A nivel europeo, la producción de melocotón (todas las tipologías de fruto incluidas) este 2022 rompe la tendencia de los dos últimos años. La producción es mayor a la registrada en el año anterior, pero inferior a la media de los últimos 5 años. De hecho, la previsión dice que la producción se ha incrementado un 8% respecto a 2021, pero todavía es un 20% inferior respecto a media 2016-2020 (Figura 10).

Entre los países productores de melocotón, todos han incrementado su producción a excepción del Estado español. Esta reducción de la producción se debe principalmente a las heladas producidas, anteriormente descritas, en las zonas productoras del Estado español, pero con intensidad y longitud variable dependiendo la zona. Si se compara con las producciones del año pasado, que también fueron bajas, se estima que en 2022 se producirá un 31% menos de toneladas de melocotón.

Según los datos estimados de producción para este 2022, las heladas producidas durante el mes de abril han provocado que el Estado Español deje de ser el primer productor de melocotón a nivel europeo desde 2016. Italia podría superarlo en unas 100.000 toneladas, aproximadamente. Respecto a las diferentes tipologías de fruto a nivel del Estado Español, se prevé una reducción de la producción

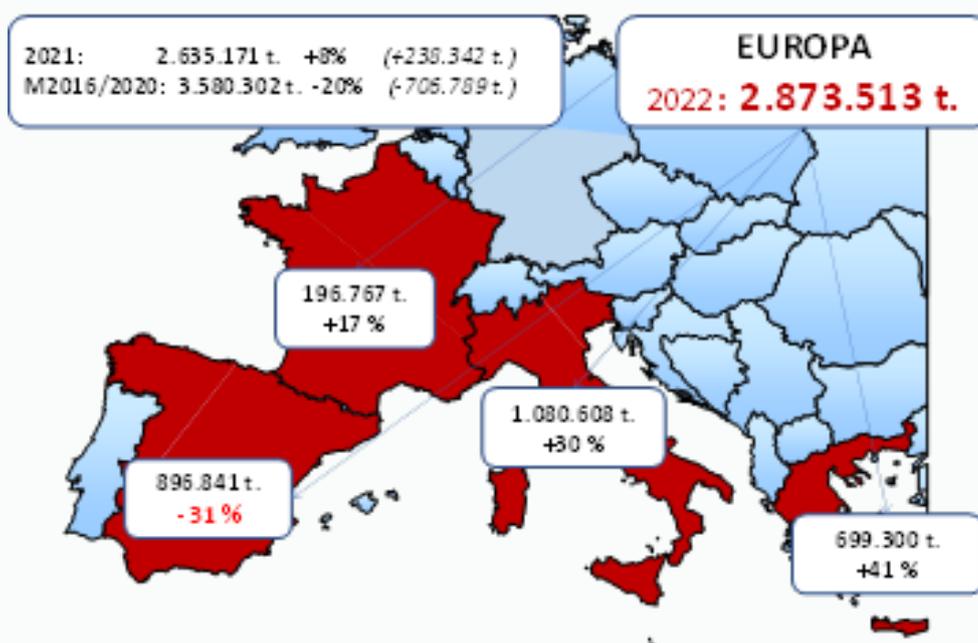


Figura 10. Previsiones de cosecha de melocotón (todas las tipologías de fruto) para 2021 en los diferentes países de Europa. Fuente: EUROPECH'2022 y AFRUCAT

de melocotón de un 26%, de un 19% por la de melocotón plano, de un 28% por la de nectarina y de un 45% por la de pavía.

La evolución de las producciones en España a lo largo del período 1991-2022 se exponen en la Figura 11. Se observa claramente que la nectarina sigue siendo la tipología de fruto más cultivada en los últimos 10 años, seguida del melocotón, melocotón plano y pavía.

Se estima que este 2022 Murcia será la comunidad autónoma con mayor producción de melocotón (328.000 t.), seguida de Cataluña (165.550 t.), Aragón (152.539 t.), Extremadura (121.400 t.), Andalucía (63.442) y Valencia (12.720 t.).

Metodología de evaluación de variedades de melocotón y nectarina

La parcela de evaluación de nuevas variedades de melocotón y nectarina situada en la finca de Gimennells del IRTA-Programa de Fruticultura. Inicialmente, y hasta el 2007, las variedades en evaluación estaban plantadas en la Finca de Mollerussa del IRTA-Programa de Fruticultura y a Mas Badia (Girona) en el marco del Programa de Introducción y Evaluación de Material Vegetal que el IRTA desarrolla en Catalunya desde 1994.

A principios del 2007 se inició la plantación de una nueva parcela en la finca de Gimennells, que es donde

actualmente ya se evalúan todas las variedades, al ser una zona más representativa que Mollerussa para la producción de melocotón.

En la primavera de 2014 y por el elevado riesgo de granizo, se procedió a la cobertura con red antigranizo de la parcela de evaluación de las nuevas variedades de melocotón en el IRTA de Gimennells.

Cada variedad plantada en la parcela de evaluación consta de 3 árboles por variedad, injertada generalmente sobre INRA®GF-677®, aunque en algunos casos Garnem® y Cadaman, en un marco de plantación de 5 x 3 m (667 árboles/ha) y el vaso catalán como sistema de formación.

La metodología utilizada para la evaluación de cada variedad este 2022 es:

1. Parámetros pre-cosecha

Fecha de floración:

- Inicio: 5 % de las flores totales están abiertas.
- Plena: 80 % de las flores totales están abiertas.
- Final: 100 % de los pétalos caídos.

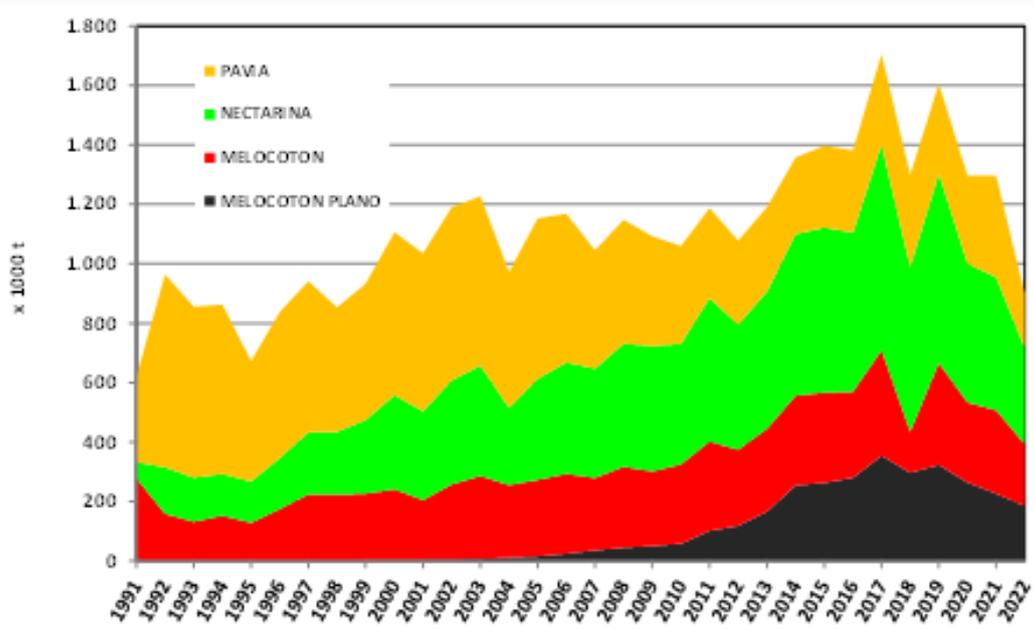


Figura 11. Producción total acumulada y evolución de la producción de las principales tipologías de melocotón en España a lo largo del período 1991-2022. Fuente: EUROPECH'2022 y AFRUCAT.

Susceptibilidad a heladas primaverales:

En algunas variedades, se ha avaluado más de 100 flores o frutitos (dependiendo del estadio fenológico de la variedad) después de las heladas producidas las noches del 3 y 4 de abril.

Floribundidad:

Baja (↓): menos de 20 flores/metro lineal de rama mixta

Media (≈): 20-40 flores/metro lineal de rama mixta

Alta (↑): más de 40 flores/metro lineal de rama mixta

2. Parámetros cosecha

Producción (Kg/árbol) y calibre de los frutos

Calidad del fruto

Evaluación de la firmeza, contenido de sólidos solubles (azúcares) y acidez.

3. Parámetros postcosecha (30 días a 0,5°C + 2 días a 20°C)

Calidad del fruto

Evaluación de la firmeza, contenido de sólidos solubles (azúcares) y acidez.

Capacidad/Potencial de conservación:

Evaluación de daños por frío (harinosidad, pardeamiento de la pulpa y coriacidad de la pulpa). A partir de los resultados obtenidos, se considera una variedad que tiene una ALTA capacidad de conservación si el porcentaje de frutos afectados por harinosidad y/o pardeamiento de la pulpa es inferior al 25%; MODERADA si el porcentaje de frutos afectados por harinosidad y/o pardeamiento de la pulpa está entre el 25% y el 50 %; y BAJA si el porcentaje de frutos afectados por harinosidad y/o pardeamiento de la pulpa es superior al 50%. A continuación se exponen los datos más destacables de las variedades en evaluación en la Finca de Gimènells de l'IRTA-Programa de Fructicultura, amb un període de recol·lecció comprès entre principis d'agost i finals de setembre de 2022.

A continuación, se exponen los datos más destacables de las variedades en evaluación en la Finca de Gimènells del IRTA-Programa

de Fructicultura, con un período de recolección comprendido entre principios de junio y finales de septiembre de 2022.

Hay que recordar que los resultados expuestos corresponden a un lugar concreto de plantación y a una tecnología específica de producción (sistema de formación, poda, época de aclareo, fertilización, riego, etc.). El comportamiento de una misma variedad se ve frecuentemente afectado tanto por el sitio de plantación como por la tecnología de producción o productor. Pocas variedades se comportan igual en todas las zonas de producción y para todos los productores.

► MELOCOTÓN DE CARNE AMARILLA

VARIEDAD	Fecha plena floración	Floribundidad	Requerimiento de aclareo	Fecha recolección	Verde	Producción (Kg árbol ⁻¹)	Calibre dominante (mm)	Firmeza (kg)	Azúcares (%Brix)	Acidez (g/l)	Potencial de conservación
Crispdream ^{cv} (ASF 11-44)	07-marzo	Media-alta	Medio	08-agosto	6to	48,9	75-80	3,9	10,4	5,9	Alto
	Variedad de AgroSelections Fruits (ASF) de maduración en época de 'Elegant Lady'® y de 'Sweet Dream'. Época difícil con disponibilidad de diferentes variedades muy productivas y con un volumen elevado de producción en esta época del año. Árbol de vigor medio-alto, de porte semiabierto y floración en época media. Fructifica en rama vieja y en mixtas del año, las cuales son bastante largas. Calibre correcto por la época de recolección. Coloración no muy intensa sobre la mayor parte del futo (70-90%). Fruto de forma redonda a ligeramente plana, con la sutura un poco marcada y el mucrón hundido. Pulpa crocante, jugosa, de sabor dulce, no muy aromática y de una calidad gustativa correcta. En el 2019 se observó "corky" en algunos Frutos. El hueso esta adherido y no es sensible a hueso abierto. De momento ni el calibre ni su homogeneidad han sido destacables. Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de Frutos con síntomas de daños por frío.										
Crisplove ^{cv} (ASF 14-44)	10-marzo	Media	Medio	23-agosto	3ro	20,6	75-80	3,6	11,5	4,9	Alto
	Variedad de AgroSelections Fruits (ASF) de maduración en época 'O'Henry®. Árbol de vigor medio-alto, de porte abierto y floración en época tardía. Fructifica en todo tipo de rama. Primer año de observación. Calibre homogéneo en el árbol y correcto por la época de recolección. Coloración no muy intensa sobre la mayor parte del fruto (60-80%). Fruto de forma redonda ligeramente plano, con la sutura un poco marcada y el mucrón hundido. Piel muy fina y sin pelo. Por ahora no sensible a hueso abierto (0% en 2022). Pulpa crocante, jugosa, de sabor dulce y aromática, de buena calidad gustativa. Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío. A contrastar en los próximos años la producción, el calibre y la coloración del fruto.										
Summer Flame [®] 34	15-marzo	Media	Medio	23-agosto	5to	26,4	75-80	4,6	11,5	9,2	Moderado
	Variedad de Burchell Nurseries Inc. (USA) de la serie "Summer Flame®" en época de 'O'Henry'. Árbol de vigor medio-alto, de porte semiabierto y de floración en época muy tardía. Fructifica en rama vieja y nueva, pero resulta mejor favorecer la producción en mixtas del año. Fruto de forma redonda y elevado calibre, de color morado intenso sobre la mayor parte del fruto (80-100%). Epidermis fina sin pelo. Mucrón hundido y sutura poco visible. Sabor dulce acidulado y de textura crocante, jugosa y aromática. Hasta ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2020, 2021 y 2022). Este 2022 debido a las altas temperaturas algunos frutos han presentado golpe de sol en la piel. Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto, pero presenta un porcentaje moderado de frutos con síntomas de daños por frío.										
Crispsol ^{cv} (ASF 13-43)	14-marzo	Media-alta	Medio-alto	25-agosto	6to	34,1	80-85	3,6	11,6	3,3	Alto
	Variedad de AgroSelections Fruits (ASF) de maduración en una época interesante, madura en época de 'Sweet Henry' y unos días después de 'Crisplove ^{cv} '. Árbol de vigor medio-alto, de porte semiabierto y de floración en época muy tardía. Fructifica en mixtas del año. Frutos de forma redonda a ligeramente plana y elevado calibre, de color intenso en casi toda su totalidad (80-100% del fruto), a excepción de este 2022 donde la coloración ha sido menos intensa (60-80% del fruto). Epidermis fina por con pelo, mucrón hundido y sutura poco visible. Sabor dulce y de textura crocante y jugosa, pero poco o moderadamente aromática. No es sensible a hueso abierto. Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío.										
Autumn Flame [®] 38	10-marzo	Media-baja	Bajo	26-septiembre	5to	68,1	80-85	4,6	9,3	2,3	-
	Variedad de Burchell Nurseries Inc. (USA) de maduración en una época con ya poca disponibilidad de variedades. Árbol de vigor medio, de porte abierto y de floración en época tardía. Fructifica en mixtas del año. Frutos de forma redonda a ligeramente plana y elevado calibre, de color intenso en la mitad del fruto (40-60%) epidermis fina y sin pelo, mucrón hundido y sutura poco visible. Sabor dulce y de textura crocante y jugosa, pero moderadamente aromática. No es sensible a hueso abierto, y este no está adherido a la pulpa.										

► MELOCOTÓN DE CARNE BLANCA

VARIEDAD	Fecha plena floración	Floribundidad	Requerimiento de aclareo	Fecha recolección	Verde	Producción (Kg árbol ⁻¹)	Calibre dominante (mm)	Firmeza (kg)	Azúcares (%Brix)	Acidez (g/l)	Potencial de conservación
Ibiza ^{DM} (4094-16)	10-marzo	Media-alta	Medio-alto	11-agosto	7o	50,3	80-85	3,6	9,4	5,2	Alto
	Variedad de PSB Producción Vegetal, de maduración 5-7 días antes de 'SummerSweet [®] '. Árbol vigoroso de porte semiabierto, que florece en época tardía. Fructifica en todo tipo de rama, pero se recomienda favorecer la producción en mixtas del año. Fruto de forma redonda, ligeramente plana, con sutura muy marcada, mucrón hundido, i elevada coloración (70-100% del fruto). Tiene el hueso libre, i por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2019, 2020, 2021 y 2022). Sabor dulce, crocante, jugoso y moderadamente aromático. Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío.										
Melox [®] 34	16-marzo	Media-alta	Medio-alto	23-agosto	6to	41,8	80-85	3,4	10,2	3,3	Alto
	Variedad de VIF International en época interesante donde se dispone de pocas variedades de melocotón blanco de buen comportamiento productivo, calor, calibre y sabor dulce. Árbol de vigor medio-alto, de porte abierto y de floración en época muy tardía. Producción sobre mixtas del año y rama vieja. En general, los frutos presentan una alta coloración sobre casi su totalidad (90-100%), incluso en las partes internas del árbol. Este 2022 las condiciones climáticas han mermado un poco el color del fruto. Buen calibre para la época, forma redonda y mucrón hundido. Presenta una epidermis con un contenido moderado de pelo. Pulpa dulce, crocante, jugosa, de buena calidad gustativa (la pulpa se deshace rápidamente en la boca). Hasta el momento no muestra sensibilidad al hueso abierto (0% en 2020, 2021 y 2022) después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío.										
Snow Flame [®] 36	09-marzo	Media	Medio	29-agosto	5to	96,0	80-85	5,0	13,4	3,8	-
	Variedad de Burchell Nurseries Inc. (USA) de la serie 'Snow Flame [®] ' de recolección en una época interesante, finales de agosto principios de septiembre, y por lo tanto, hace de puente con diferentes variedades con un buen potencial de calibre y producción como en el caso de 'Gladys [®] ', 'Lucius [®] ' o 'Ivory Star ^{DM} '. Árbol de vigor medio y de porte semiabierto. Floración en época media. Producción en todo tipo de madera no envejecida. En evaluación reciente, pero ya introducida a escala comercial. Destaca por su alta producción, por su calibre y su homogeneidad en el conjunto del árbol y la buena coloración de los frutos por la época de maduración (60-80%). Aconsejable la poda en verde en verano para mejorar el color del fruto a las partes internas del árbol. Pulpa dulce, crocante, jugosa al madurar, aromática, y de muy buena calidad gustativa. Hueso libre y hasta ahora no muestra sensibilidad al hueso abierto (0% en 2020, 2021 y 2022).										
Melox [®] 37 (C1-110)	16-marzo	Media	Medio	22-	6to	65,8	75-80	5,2	10,6	5,1	-
	Variedad de VIF International de recolección muy tardía, después de 'Gladys [®] ', que casi finaliza el calendario de melocotón blanco. Árbol de vigor medio, de porte semiabierto y de floración en época muy tardía. Difundida a escala comercial en diferentes lugares del Valle del Ebro, donde se ha constatado la buena presentación de los frutos con un color granate sobre el 50-80% de la superficie, el elevado potencial de calibre, el sabor dulce, la pulpa consistente, crocante, jugosa al madurar y de buena calidad gustativa. Las producciones son muy buenas sobre todo tipo de madera no envejecida. La poda en verde es imprescindible (junio y septiembre) y permite mejorar/optimar la coloración de los frutos. Poco sensible a hueso abierto 0% en 2019, 2020 y 2022, y 8% en 2021.										

► NECTARINA DE CARNE AMARILLA

VARIEDAD	Fecha plena floración	Floribundidad	Requerimiento de aclareo	Fecha recolección	Verde	Producción (kg árbol ⁻¹)	Calibre dominante (mm)	Firmeza (kg)	Azúcares (°Brix)	Acidez (g/l)	Potencial de conservación
BN 1118-51 ^{CON}	10-marzo	Alta	Alto	11-agosto	3ro	49,8	75-80	3,5	11,1	3,7	Bajo
	Variedad de PSB Producción Vegetal, de maduración entre 'Honey Royals' y 'Kinolea'. Árbol de vigor medio, de porte abierto y de floración en época tardía. Por ahora, fructifica en todo tipo de rama. Primer año de observación. Calibre bastante homogéneo en el árbol y correcto para la época de recolección. Coloración intensa sobre la mayor parte del fruto (70-90%). Poca o nada de presencia de lenticelas en la piel. Fruto de forma un poco ovalada, con la sutura un poco marcada y el mucrón hundido. Por ahora no es sensible al hueso abierto (0% en 2022). Pulpa crocante, jugosa, de sabor dulce y poco aromática, de calidad gustativa moderada. Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto, no obstante, presenta un porcentaje moderado alto de frutos con síntomas de daños por frío. A contrastar en los próximos años la producción, el calibre, la coloración del fruto y su potencial de conservación.										
BN 950-6 ^{CON}	07-marzo	Media	Medio-bajo	11-agosto	3ro	44,3	75-80	2,8	11,9	4,8	Alto
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración entre 'Honey Royals' y 'Kinolea'. Árbol de vigor medio, de porte abierto y de floración en época media. Fructifica en mixtas del año. Primer año en observación. Calibre bastante homogéneo en el árbol y correcto por la época de recolección. Coloración intensa sobre la mayor parte del fruto (80-100%). Presencia de lenticelas en la piel de algunos frutos. Fruto de forma redonda, con el mucrón hundido. Por ahora no sensible a hueso abierto (0% en 2022). Pulpa crocante, jugosa, de sabor dulce y muy aromática, de muy buena calidad gustativa. Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío. A contrastar en los próximos años la producción, el calibre, la coloración del fruto y su potencial de conservación.										
Kinolea ^{CON} (4052-15)	07-marzo	Media	Medio-bajo	23-agosto	7o	77,2	80-85	3,8	9,9	3,9	Moderado
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración en época 'Red Jim' de maduración solapada con 'Nectagala' y con 'Nectavantop' y que después enlaza con 'Tardarina'. Época muy interesante y hasta el momento no se dispone de ninguna variedad de todas las características deseadas: presentación, color, calidad y producción. Árbol de vigor medio-alto y de porte semiabierto, de fácil conducción. Fructifica en mixtas del año. Floración en época media. El fruto es muy atractivo, redondo con el mucrón hundido a excepción del 2019 donde algunos frutos han presentado una forma más alargada y el mucrón visible. La epidermis es muy fina y atractiva, de color rojo brillante sobre fondo naranja, precoz, no muy intenso sobre casi su totalidad (70-90%), con lenticelas poco o nada visibles. Fruto de buen calibre. Hueso adherido, de medida mediana. Pulpa de sabor dulce, jugosa, bastante aromática y textura crocante. No sensible a hueso abierto (0% en 2020, 2021 y 2022). Este 2022, algunos frutos han presentado "corky". Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto, pero presenta un porcentaje moderado de frutos con síntomas de daños por frío.										
Nectan ^{CON} (ASF 13-11)	10-marzo	Media	Medio	25-agosto	6to	27,0	75-80	5,0	12,5	3,5	Alto
	Variedad de AgroSelections Fruits (ASF) de maduración en época de 'Red Jim', y unos días después de 'Nectavantop'. Árbol de vigor medio-alto y de porte semiabierto. Floración en época tardía. Fructifica en todo tipo de madera, pero tienen que eliminarse los órganos debilitados. Variedad que destaca por su coloración (80-100% de la superficie del fruto) y su calibre, a excepción de este 2022 donde la afectación por las heladas ha disminuido su coloración (50-70%). Fruto de forma redonda, mucrón hundido, y lenticelas poco visibles, a excepción de este 2022 debido a la poca producción. Pulpa dulce, jugosa, poco aromática y crocante. Por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2020 y 2022). Este 2022, algunos frutos han presentado "corky". Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío.										
Netix ^{CON} 22-57	14-marzo	Baja	Medio-baja	25-agosto	6to	40,2	<85	5,3	11,7	5,0	Alto
	Variedad de VIF Internacional de maduración en época 'Red Jim'. Árbol de vigor medio, de porte semiabierto y de floración en época muy tardía. Variedad productiva, con buen calibre, sobretodo en mixtas del año. Epidermis de color rojo intenso atractivo en casi la totalidad del fruto (90-100%) y brillante, a excepción de este 2022 donde a los frutos les falta color (50-70% de la totalidad del fruto). Frutos de forma redonda, con sutura marcada y mucrón no visible. Lenticelas bastante visibles (20-30% de la superficie del fruto). Sensibilidad variable a hueso abierto (17% en 2020 y 0% en 2021 y 2022). Pulpa dulce, crocante, jugosa y aromática, de buena calidad gustativa. Buen mantenimiento de firmeza en el árbol, no avanzar la fecha de cosecha. Después de 30 días en conservación a 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío.										
BN 1124-67 ^{CON}	10-marzo	Media	Medio	29-agosto	3ro	33,1	80-85	-	-	-	-
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración unos días después de 'Kinolea'. Árbol de vigor medio a alto y de porte abierto, de floración en época tardía. Primer año de evaluación. Fructifica por ahora en todo tipo de rama. Favorecer la poda en verde para mejorar el color. Maduración y calibres muy homogéneos en el árbol. Epidermis de color rojo intenso atractivo en el 50-70% de la totalidad del fruto. Fruto de forma un poco ovalada, mucrón hundido, y lenticelas un poco visibles, pero estéticamente aceptables. Por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2022). Pulpa dulce, crocante, jugosa y aromática, de buena calidad gustativa. Después de 30 días en conservación en 0.5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío. A contrastar en los próximos años.										

► NECTARINA DE CARNE AMARILLA

VARIEDAD	Fecha plena floración	Floribundidad	Requerimiento de aclareo	Fecha recolección	Verde	Producción (Kg árbol ⁻¹)	Calibre dominante (mm)	Firmeza (kg)	Azúcares (°Brix)	Acidez (g/l)	Potencial de conservación
BN 1024-5 ^{cov}	10-marzo	Media	Medio	05-septiembre	3ro	11,1	75-80	4,7	14,6	4,2	-
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración a mediados de septiembre, donde la disponibilidad de variedades ya empieza a disminuir. Pero, debido a la helada del 2022, la producción se ha visto afectada y el fruto ha madurado 7-10 días antes. Árbol de vigor medio y porte semiabierto, que florece en época tardía. Primer año de evaluación, fructifica por ahora en todo tipo de rama. Favorecer la poda en verde para mejorar el color. Variedad de recolección en época tardía, que aporta diversificación a las variedades ya disponibles al mercado desde hace años, con una coloración de los frutos con un rojo intenso sobre el 50-70% de la totalidad del fruto. Fruto de forma un poco ovalada, mucrón hundido, y lenticelas un poco visibles, pero estéticamente aceptables. Por ahora no es sensible al hueso abierto (0% en 2022). Pulpa dulce, de textura un poco gomosa, jugosa y moderadamente aromática, de moderada calidad gustativa. A contrastar en los próximos años.										
BN 1026-1 ^{cov}	10-marzo	Media	Medio	08-septiembre	3ro	11,8	75-80	4,9	13,6	4,6	-
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración la primera semana de septiembre. Árbol de vigor medio y porte semiabierto, que florece en época tardía. Primer año de evaluación. Fructifica por ahora en todo tipo de rama. Favorecer la poda en verde para mejorar el color. Variedad de recolección en época tardía, que aporta diversificación a las variedades ya disponibles al mercado desde hace años, con una coloración de los frutos sobre el 60-80% de la superficie. Fruto redondo, mucrón hundido, y lenticelas poco visibles. Por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2022). Pulpa dulce, de textura un poco gomosa y aromática, de buena calidad gustativa. A contrastar en los próximos años.										
Esmeralda ^{cov} (NJ 1055-10)	09-marzo	Media	Medio	12-septiembre	7o	57,0	75-80	4,3	8,9	9,8	-
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración en época de 'Nectadiva ^{cov} ' y 7-10 días después de 'Western Red [®] '. Árbol de vigor medio-alto, de porte semiabierto y de floración en época media. Variedad de recolección en época tardía, que aporta diversificación a las variedades disponibles al mercado desde hace años, con una coloración de los frutos sobre el 70-90% de la superficie, tanto en las partes del árbol más expuestas como las que menos, y muy buen calibre. Este 2022, la producción se ha visto afectada un poco por el frío y los frutos han presentado una coloración menos intensa (50-70% de la totalidad del fruto). Fruto de forma ovalada con la sutura bastante marcada, una epidermis fina y sin lenticela. No es sensible a hueso abierto (0% el 2019, 2020, 2021 y 2022). Pulpa de buena calidad con un gusto equilibrado, crocante, jugosa y moderadamente aromática.										
Summer Flare 36	09-marzo	Media-alta	Medio-alto	12-septiembre	5to	90,1	75-80	5,1	11,0	9,5	-
	Variedad de Burchell Nurseries Inc. (USA) de la serie "Flare [™] " de mediados de septiembre, en época de 'Nectadiva ^{cov} ' y 7-10 días después de 'Western Red [®] '. Árbol de vigor medio-alto, de porte semiabierto y de floración en época media. Fructifica en mixtos del año. Variedad muy productiva con frutos de buen calibre. Realizar poda de verano para no penalizar el color de los frutos en las partes internas del árbol. El fruto es atractivo para la época, de forma un poco ovalada con el mucrón hundido. La epidermis es de color roja no muy intenso, sobre el 50-70% de la totalidad del fruto. Por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2022). Pulpa de sabor equilibrado a ácido, jugosa, aromática y de textura un poco gomosa.										
Extreme [®] 618	10-marzo	Media	Medio	19-septiembre	7o	58,1	80-85	5,7	11,3	3,2	-
	Variedad de Provedo de maduración 3-5 días después de 'Nectadiva ^{cov} ' y similar a 'Netiv [®] 37'. Árbol de vigor medio y de porte semiabierto y de floración en época tardía. Fructifica en todo tipo de rama. Buena producción y buen calibre. El fruto es atractivo para la época con un 50-70% de coloración y con poca presencia de lenticelas en la epidermis. Realizar poda de verano para no penalizar el color de los frutos en las partes internas del árbol. Sensible a hueso abierto dependiendo del año (0% en 2019, 2020 y 2022 y 17% en 2021). Pulpa dulce, crocante, jugosa y moderadamente aromática, con buena calidad gustativa.										

► NECTARINA DE CARNE BLANCA

VARIEDAD	Fecha plena floración	Floribundidad	Requerimiento de adareo	Fecha recolección	Verde	Producción (Kg árbol ⁻¹)	Calibre dominante (mm)	Firmeza (kg)	Azúcares (°Brix)	Acidez (g/l)	Potencial de conservación
Nectarbuz ^{CSV} (ASF 13-30)	09-marzo	Media	Medio	11-agosto	3ro	18,0	75-80	4,7	11,5	-	-
	Variedad de Agro Selections Fruits (ASF) de maduración 15 días después de 'Nectarow ^{CSV} '. Árbol de vigor medio-alto y de porte semiabierto. Floración en época mediana. Por ahora fructifica en todo tipo de madera. Primer año de producción y muy tocada por las heladas. Variedad que destaca por su coloración (80-100% de la superficie del fruto) y su calibre. Fruto de forma un poco ovalada, mucrón hundido y lenticelas poco visibles. Pulpa dulce, jugosa, poco aromática, crocante y de textura un poco gomosa. Por ahora no es sensible al hueso abierto (0% en 2022). Algunos frutos han presentado "corky". A contrastar los próximos años.										
Opera ^{CSV}	10-marzo	Media	Medio	16-agosto	5to	47,3	75-80	5,3	11,1	2,9	Bajo
	Variedad de PSB Producción Vegetal de recolección unos días antes de 'Tifany ^{CSV} '. Árbol de vigor alto y de porte semiabierto, que florece en época tardía. Producción tanto en mixtas del año como en rama envejecida. Fruto de forma redonda algo aplanada, con el mucrón hundido y la sutura poco marcada. Coloración precoz e intensa (rojo-morado) sobre casi la totalidad del fruto. Calibre muy homogéneo en el árbol, el fruto presenta poca lenticela y aguanta mucho la firmeza en el árbol. Pulpa dulce, crocante, jugosa, aromática y de buena calidad gustativa. Sensibilidad variable a hueso abierto (0% en 2020 y 2022 y 25% en 2021). Después de 30 días en conservación 0,5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto, pero presenta un porcentaje alto de frutos con síntomas de daños por frío.										
BN 1118-68 ^{CSV}	11-marzo	Media	Medio	25-agosto	3ro	52,0	80-85	4,7	13,4	3,7	Alto
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración unos 5-7 días antes de 'Nectaperf ^{CSV} '. Árbol de vigor medio y de porte abierto, que florece en época muy tardía. Fructifica en todo tipo de rama, por ahora. Primer año de producción. Fruto de forma algo ovalada, sin apenas lenticela, con el mucrón hundido y la sutura poco marcada. Coloración intensa (rojo-morado) sobre casi la totalidad del fruto. Fruto de calibre muy homogéneo en todo el árbol y muy grande, y aguanta mucho la firmeza en el árbol. Pulpa dulce, jugosa, moderadamente aromática y de textura algo gomosa. Por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2022). Después de 30 días en conservación 0,5 °C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío. A contrastar en los próximos años.										
Nectarmoon ^{CSV} (ASF 10-33)	14-marzo	Media-alta	Medio-alto	19-septiembre	3ro	54,2	80-85	5,5	12,2	5,1	-
	Variedad de Agro Selections Fruits (ASF) de maduración 5-10 días después de 'Nectaperf ^{CSV} '. Árbol de vigor alto y de porte semiabierto, que florece en época muy tardía. Fructifica en todo tipo de rama. Primer año de producción, que ha sido muy homogénea y agrupada en el árbol, tanto en tamaño como en el color del fruto. Partes internas con mucho color también. El fruto presenta bastante color para la época (60-80%) y poco o nada de lenticela en la piel. Pulpa dulce con un toque ácido, de textura algo gomosa, jugosa y aromática. Por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2022). A contrastar en los próximos años.										
Sidonia ^{CSV} (BN944-4)	07-marzo	Media	Medio	23-septiembre	3r	53,1	80-85	4,3	13,9	3,6	-
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración 5-10 días después de 'Nectaperf ^{CSV} '. Árbol de vigor medio-alto y de porte abierto, que florece en época media. Fructifica en todo tipo de rama. Primer año de producción, que ha sido muy homogénea y agrupada en el árbol, tanto en tamaño como en el color del fruto. Partes internas con mucho color también. Variedad muy productiva donde el fruto madura de adentro hacia afuera y tiene un color de fondo blanco verde por este motivo, y un 50-70% de color rojo en la piel. Sin embargo, le ha tocado el frío, donde algunos frutos presentan bastante lenticela y cracking. Pulpa dulce, jugosa, de textura algo gomosa, jugosa y aromática. Por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2022). A contrastar en los próximos años.										
Nectarelse ^{CSV} (ASF 13-40)	14-marzo	Media	Medio	26-septiembre	6to	51,6	80-85	6,4	11,3	2,5	-
	Variedad de Agro Selections Fruits (ASF) de maduración muy tardía, a finales de septiembre, entre 7-10 días después de "Nectaperf ^{CSV} ". Árbol de vigor medio, porte semiabierto y de floración muy tardía. Producción tanto en mixtas del año como en rama envejecida. Buen potencial productivo y calibre. Fruto de forma redonda tirando a ovalada con el pezón hundido. Epidermis coloreada sobre el 60-80% de la superficie del fruto, incluso en las partes internas del árbol. El fruto mantiene muy bien la firmeza en el árbol. Pulpa dulce, de textura crocante, jugosa y moderadamente aromática. Por ahora no es sensible a hueso abierto (0% en 2022).										

► NECTARINA DE CARNE ROJA

VARIEDAD	Data plena floración	Floribundidad	Requerimiento de adareo	Fecha recolección	Verde	Producción (kg árbol ⁻¹)	Calibre dominante (mm)	Firmeza (kg)	Azúcares (°Brix)	Acidez (g/l)	Potencial de conservación
Diablotina ^{CSV}	14-marzo	Media-alta	Medio	08-agosto	5to	43,1	65-70	4,5	10,9	9,6	Alto
	Variedad de PSB Producción Vegetal de recolección en época de 'Tourmaline ^{CV} '. Árbol de vigor medio-alto, de porte semiabierto y de floribundidad elevada. Floración en época media-tardana. Producción tanto en mixtas del año como en rama envejecida, con un calibre y distribución de los frutos muy homogéneo en el árbol. Fruto redondo, mucrón hundido y sutura poco marcada. Color precoz e intenso (morado) sobre la totalidad de la piel y la pulpa, por tanto, el color de fondo es muy difícil de percibir. Pulpa equilibrada en ácida, pero con un elevado contenido de azúcares. Al madurar, el contenido de acidez disminuye rápidamente. Textura crocante tirando a gomosa, jugosa, aromática y de buena calidad gustativa. Poca sensibilidad a hueso abierto (0% en 2020 y 2022, y 8% en 2021). Después de 30 días en conservación 0,5 °C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío. Variedad también debe considerarse para la elaboración de productos transformados innovadores.										

► PAVIA

VARIEDAD	Data plena floración	Floribundidad	Requerimiento de aclareo	Fecha recolección	Verde	Producción (kg árbol ⁻¹)	Calibre dominante (mm)	Firmeza (kg)	Azúcares (°Brix)	Acidez (g/l)	Potencial de conservación
Fercluse ^{cov}	14-marzo	Alta	Alto	01-agosto	6to	54,0	70-75	3,8	9,5	7,4	Bajo
	Variedad de INRAE de maduración entre 'Baby Gold-5' y 'Baby Gold-6'. Árbol de vigor medio-alto, de porte semiabierto, rústico, de producciones regulares y con buen calibre de los frutos. Dada la alta floribundidad y la rusticidad es imprescindible realizar un aclareo muy estricto para no penalizar el calibre. Fructifica en todo tipo de rama. Evitar la producción sobre órganos debilitados. Epidermis fina con un poco de pelo, pero atractiva, de color completamente amarillo, sin mancha rosada. Frutos de buena calidad gustativa, sabor ligeramente acidulado y muy aromático. Poco sensible a la caída de precosecha y al hueso abierto (8% en 2019 y 0% en 2020, 2021 y 2022). Interesante en su época. Después de 30 días en conservación a 0,5 °C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto, pero presenta un porcentaje elevado de frutos con síntomas de daños por frío.										
Ferlot ^{cov}	14-marzo	Media-alta	Medio-alto	18-agosto	6to	52,5	80-85	4,8	10,1	5,0	Alto
	Variedad de INRAE de maduración en época anterior en 'Baby Gold 9' y en '58-Gc-76', con características similares a 'Feroso'. Árbol de vigor medio, de porte erecto y floración en época muy tardía. Presenta una buena rusticidad y producción, pero requiere un aclareo adecuado para optimizar el calibre. Fructifica muy bien en mixtas del año. Fruto de forma redonda a ligeramente aplanada con pezón hundido y sutura visible. Ligera presencia de mancha roja en los frutos más expuestos a la luz. Piñol amarillo. Pulpa jugosa, de sabor ligeramente acidulado y muy aromática. Fruto de buena calidad gustativa. No es sensible a hueso abierto. Después de 30 días en conservación a 0,5 °C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto y presenta un porcentaje bajo de frutos con síntomas de daños por frío.										
Ferlate ^{cov}	16-marzo	Media-alta	Medio-alto	08-septiembre	6to	61,6	75-80	4,2	10,7	5,9	-
	Variedad de INRAE de maduración a finales de agosto y principios de septiembre. Árbol de vigor medio, porte semiabierto, y de floración muy tardía. Fructifica en todo tipo de rama. Buen potencial productivo y calibre. Fruto de forma redonda a ligeramente aplanada con el pezón hundido. Epidermis aterciopelada con poca presencia de pelo y sin mancha. Sensible a la caída pre-cosecha. Buena calidad gustativa, sabor ligeramente acidulado y muy aromático. No es sensible a hueso abierto.										
Tietar ^o	15-marzo	Media-alta	Medio-alto	29-septiembre	7o	80,4	75-80	4,8	9,7	3,3	-
	Variedad de Provedo de maduración a finales de septiembre. Árbol de vigor medio-alto, de porte semiabierto, y de floración muy tardía. Buena fructificación en mixtas de calidad y en rama de dos años. Buen potencial productivo y calibre. Fruto de forma redonda a ligeramente aplanada con el pezón hundido y la sutura marcada. Epidermis aterciopelada con poca presencia de pelo y con mancha. Sensible a la caída del fruto, pero poco sensible a la Monilia. Fruto con buena calidad gustativa, de sabor poco acidulado y aromático. No es sensible a hueso abierto.										

► MELOCOTÓN PLANO DE CARNE BLANCA

VARIEDAD	Data plena floración	Floribundidad	Requerimiento de aclareo	Fecha recolección	Verde	Producción (kg árbol ⁻¹)	Calibre dominante (mm)	Firmeza (kg)	Azúcares (°Brix)	Acidez (g/l)	Potencial de conservación
Filoe ^{cov} (5927-3)	14-marzo	Alto	Alto	11-agosto	6to	59,8	75-80	4,7	12,6	4,3	Moderado
	Variedad de PSB Producción Vegetal de maduración 5-7 días después de 'Sweet Cap ^{ov} ' y 'Flatstar ^{ov} '. Árbol vigoroso, de porte semiabierto, de floración en época muy tardía. Fructifica en mixtas de calidad. Buen comportamiento productivo y buen potencial de calibre. Entrada rápida en producción. Presenta un cierre pistilar perfecto y una alta coloración en la totalidad del fruto. Forma regular y atractiva, con una epidermis fina y sin apenas pelo. Muy poco sensible a hueso abierto (3% en 2020 y 0% en 2022). Aguanta muy bien la firmeza en el árbol, el fruto no se estropea al cosechar y no madura por la sutura. Fruto dulce, aromático y jugoso, de textura crocante. Después de 30 días en conservación 0,5°C frío normal no se observa una pérdida de calidad del fruto, pero presenta un porcentaje moderado de frutos con síntomas de daños por frío.										
Flatrumba ^{cov} (ASF 15245)	10-marzo	Media	Medio	29-agosto	3ro	0,0	0,0	-	-	-	-
	Variedad de Agro Selection Fruits, que pertenece al club Ondine, y que madura 5-10 días antes que 'Flatdiva ^{cov} '. Árbol de vigor medio-alto y porte semiabierto, que florece en época tardía. Por ahora, fructifica en todo tipo de rama, pero principalmente en mixtas del año, las cuales son muy largas. Primer año de producción, sin embargo, ésta se ha visto muy afectada por las heladas producidas. Coloración roja no muy intensa sobre el 60-80% de la totalidad del fruto, que es dulce, jugoso, crocante y aromático. A contrastar en los próximos años la producción, calibre y cierre pistilar.										
Guayox ^o 36 (145)	14-marzo	Media-baja	Medio-bajo	29-agosto	6to	0,0	0,0	-	-	-	-
	Variedad de VIF Internacional de maduración a finales de agosto, donde ya se dispone de muy pocas variedades con las características deseables, tanto en lo que se refiere al color, como al cierre pistilar o al calibre de los frutos. Árbol de vigor medio, de porte semiabierto, de floración en época tardía, de floribundidad media-baja, por tanto, con no mucha necesidad de aclareo. Produce sobre todo tipo de rama. Cargar mucho el árbol de fruta no penaliza el calibre del fruto. Destaca por la coloración del fruto y su calibre, pero no presenta un cierre pistilar perfecto. Este 2022, la producción se ha visto muy afectada por las heladas producidas. Fruto dulce, jugoso, crocante y moderadamente aromático. Sensibilidad a hueso abierto dependiendo del año (18% en 2020 y 0% en 2021 y 2022).										

¡EL AMOR CON AMOR SE PAGA!

Cuide sus cultivos con **Fructiferous®**, la gama de soluciones innovadoras, eficaces y flexibles para la adecuada fisioactivación y protección fitosanitaria de frutales de hueso y pepita con la garantía de UPL.

Nos avanzamos a las futuras necesidades del agricultor y del medio ambiente, mediante la estrategia Pronutiva, logrando un mayor impulso al rendimiento, protección y rentabilidad de sus cosechas.

Fisioactivadores • Insecticidas • Herbicidas • Fungicidas • Coadyuvantes



Nuevos sistemas de formación en manzano, más densidad con menos árboles

Joaquim Carbó y Jaume Lordan, IRTA - Programa fruticultura

Introducción

El aumento de la densidad de plantación gracias al uso de portainjertos enanizantes ha sido uno de los cambios más importantes en la producción de manzana de los últimos 60 años. En todo el mundo, los productores de manzana siguen plantando altas densidades, sin embargo, existe una gran diversidad de opiniones sobre qué densidad o sistema de formación es el más rentable. Por ejemplo, algunos productores están plantando ya densidades superiores a 5000 árboles/ha, mientras que otros utilizan densidades inferiores a 1000 árboles/

ha (Figura 1). La densidad óptima de plantación depende de la interacción de numerosas variables biológicas y económicas a lo largo de la vida de la parcela, incluidos el clima, los recursos del suelo, la tasa de crecimiento de los árboles, la floración y fructificación, el vigor de los árboles, el precio de la fruta, el precio de los árboles, el impacto de la calidad de los frutos en el precio, y costes laborales entre otros.



Figura 1. Imágenes de diferentes parcelas de manzano, con alta densidad en la parte superior y baja densidad en la parte inferior.

La producción de las parcelas está muy relacionada con la intercepción de luz (Palmer, 2011). La separación de los árboles, su forma y altura son los principales determinantes de la intercepción de luz por parte de la copa del árbol. Como tal, estas variables geométricas establecen a menudo el límite superior del rendimiento biológico, pero los factores fisiológicos también pueden tener un gran impacto.

Las principales variables fisiológicas de los sistemas de formación son los portainjertos, la estructura de la copa, la carga de cultivo y los niveles de nutrientes del suelo. Estas variables deben mantenerse durante la vida de la explotación, ya que afectan al equilibrio entre el crecimiento vegetativo y la fructificación (Palmer, 1988).

La poda y gestión de la carga, junto con la fertilización y el riego son pues las principales herramientas de gestión que se utilizan para conseguir un equilibrio entre el crecimiento vegetativo y el cultivo a lo largo de la vida de la parcela (Ferree y Warrington, 2003; Robinson, 2007). Estas variables de gestión pueden verse afectadas por la densidad de plantación, la calidad de los árboles, el portainjerto y el sistema de formación de los árboles. El sistema de formación juega un papel clave en la gestión de la parte aérea de los árboles para aprovechar la intercepción de la luz al máximo. Densidades más altas de plantación pueden interceptar niveles elevados de luz, lo que puede traducirse en un aumento de la productividad (Lakso y Robinson, 1997; Lakso y Robinson, 2014; Palmer, 2011).

Sin embargo, aumentar la intercepción de luz no siempre comporta ganancias en productividad y en algunos casos, incluso puede ser contraproducente, por ejemplo si el vigor vegetativo se vuelve excesivo, afectando así al equilibrio entre el crecimiento vegetativo y la fructificación. Además, cada cultivar tiene su propio hábito de fructificación, el cual determinará su idoneidad para diferentes sistemas de formación (Lespinasse y Lauri, 1996).

Hay que tener claro que ningún sistema es óptimo para todas las condiciones (Barritt, 1987) y la determinación del sistema óptimo para cada situación particular teniendo en cuenta el cultivar, la densidad de plantación, el clima y las condiciones económicas se hace a menudo mediante ensayos y errores sin datos sólidos de investigación.

En estudios previos, el aumento de la densidad de plantación por lo general ha mejorado los rendimientos acumulados, sobre todo durante los primeros diez años. Sin embargo, la ley de rendimientos decrecientes, que resulta en una menor ganancia de rendimiento acumulada a medida que se plantan más árboles por hectárea, significa que densidades de plantación muy altas no son necesariamente más rentables que densidades moderadas. A mayores densidades de plantación, mayores costes de inversión. Sin embargo, debido a un mayor rendimiento precoz y un mayor rendimiento acumulado durante los primeros diez años, la rentabilidad en la primera década de una vida de la parcela generalmente se incrementa con el aumento de la densidad de árboles.

Puesto que hay muchos factores diferentes que afectan a la rentabilidad de las parcelas (Balkhoven-Baart et al., 2000; Lordan et al., 2019) es necesario evaluar su rentabilidad por las diferentes situaciones de cultivar, clima, sistema de formación, portainjerto, densidad de plantación, ubicación y condición económica. El objetivo de este estudio es evaluar la productividad a largo plazo, el crecimiento de los árboles, la calidad de los frutos y la eficiencia de cuatro sistemas de formación de manzana, con el fin de ayudar a los productores a tomar decisiones de plantación adecuadas y que les proporcionen el mejor rendimiento de su inversión.

Materiales y métodos

El proyecto en cuestión se está desarrollando en 2 parcelas experimentales del IRTA (Mas Badia y Mollerussa), en las que se llevó a cabo un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones y 3 filas por repetición. El ensayo en concreto fue plantado en el año 2018 con 'Gala Norge cov' /M.9, y 4 sistemas diferentes de producción: muro eje, muro bieje, Tall Spindle y Planar Cordon (Figura 2 y Figura 3). Cada uno de estos sistemas tiene sus particularidades, ya sea en número de árboles/ha como de manejo, que al final tienen repercusión en la fisiología del árbol.

Con el fin de evaluar la rentabilidad de cada sistema, cada año se evalúa su producción y eficiencia productiva, la calidad del fruto y el coste de manejo en poda, aclareo y cosecha.



Mur eix – 3,3 m x 0,9 m
3.367 arbres/ha



Mur bleix – 3,3 m x 1,2 m
2.525 arbres/ha



Tall Spindle – 3,3 m x 0,9 m
3.367 arbres/ha



Planar Cordon – 2,5 m x 3 m
1.333 arbres/ha

Figura 2. Muestra de los sistemas de formación que están siendo evaluados en el IRTA en la Estación Experimental de Lleida (Mollerussa) y el IRTA Mas Badia.



Mur eix – 3,3 m x 0,9 m
3.367 arbres/ha



Mur bleix – 3,3 m x 1,2 m
2.525 arbres/ha



Tall Spindle – 3,3 m x 0,9 m
3.367 arbres/ha



Planar Cordon – 2,5 m x 3 m
1.333 arbres/ha

Figura 3. Sistemas de formación que están siendo evaluados en el IRTA en la Estación Experimental de Lleida (Mollerussa) y el IRTA Mas Badia.

Resultados

En Lleida, la producción más alta en 2ª hoja fue por el Tall Spindle (27 t/ha), seguida por el muro eje y muro bieje (25 t/ha) y ya significativamente menor el Planar Cordon (13 t/ha) (Figura 4). En 3ª hoja la producción más alta fue para el Tall Spindle (27 t/ha), muro bieje (23 t/ha), Planar Cordon y muro eje (21 t/ha), sin diferencias significativas entre sistemas.

En 4ª hoja, el Tall Spindle tuvo una producción significativamente superior al resto de sistemas (46 t/ha), 36 t/ha por el muro bieje, 34 t/ha por el muro eje y 33 t/ha por el Planar Cordon. En 5ª hoja el Planar Cordon tuvo una producción media de 64 t/ha, el bieje 61 t/ha y el muro eje y Tall Spindle, ambos con 60 t/ha. Aún así, no hubo diferencias significativas entre sistemas.

En cuanto al tamaño y peso del fruto, no se observaron diferencias significativas entre sistemas en ninguno de los años, con una media de 76 mm y 189 g entre los distintos sistemas y años (Figura 4).

En lo que respecta a la producción acumulada, hasta la 4ª hoja hubo diferencias significativas entre sistemas, pero este año, ya en 5ª hoja, estas diferencias se desvanecieron. Aun así, la producción acumulada durante los cinco primeros años fue de 160 t/ha por el Tall Spindle, 145 t/ha por el muro bieje, 139 t/h por el muro eje y 131 t/ha por el Planar Cordon. Hasta 4ª hoja, el Planar Cordon siempre fue el sistema con una producción acumulada significativamente inferior al resto (Figura 5).

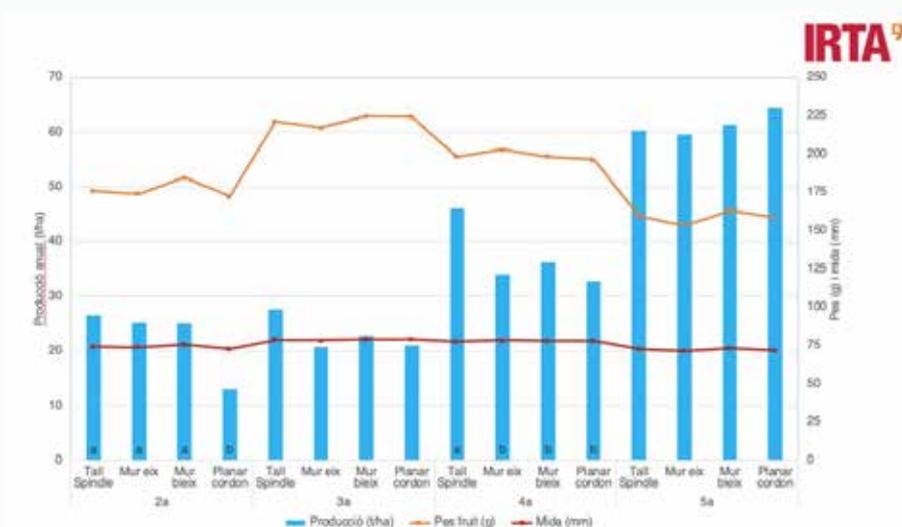


Figura 4. Producción (t/ha), tamaño del fruto (mm) y peso (g) para los diferentes sistemas de formación y año del ensayo plantado en la Estación Experimental de Lleida (Mollerussa). Letras distintas denotan diferencias significativas entre sistemas de formación para cada año en concreto ($P \leq 0,05$).

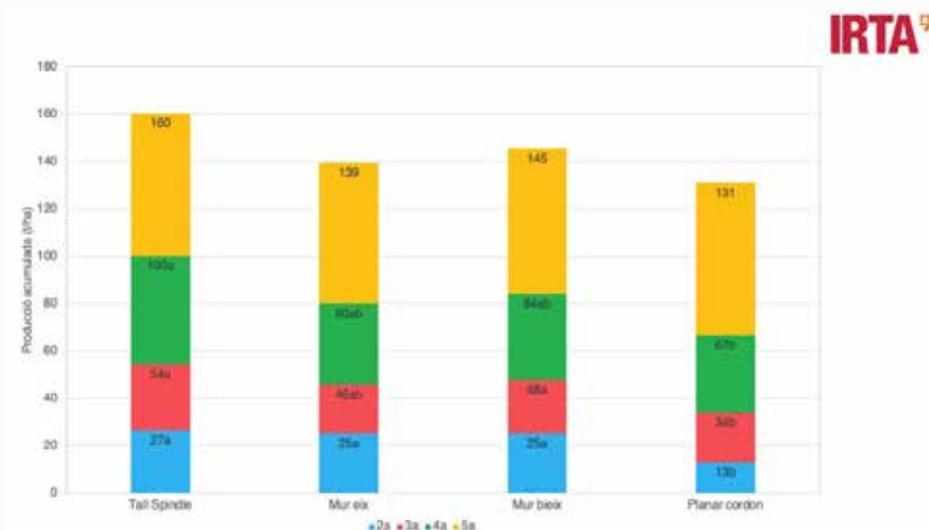


Figura 5. Producción acumulada (t/ha) hasta 2ª, 3ª, 4ª y 5ª hoja para los diferentes sistemas de formación del ensayo plantado en la Estación Experimental de Lleida (Mollerussa). Letras distintas denotan diferencias significativas entre sistemas de formación y hoja ($P \leq 0,05$).

En relación a la distribución de calibres, en la Figura 6 se puede observar cómo los valores medios y la distribución fueron muy parecidas entre los diferentes sistemas. Muro bieje tuvo el mayor calibre medio (72.9 mm), seguido por el Tall Spindle (72.5 mm), Planar Cordon (71.6 mm) y muro eje (71.4 mm). En relación a las pasadas de cosecha, el 67% de la producción se cosechó a la primera pasada del Planar Cordon, un 54% en el caso del Tall Spindle, un 50% en el muro bieje y un 43% en el muro eje.

En cuanto al color en 5a hoja, para el caso del Tall Spindle el 75% de los frutos tuvieron un >79% de la superficie coloreada, en el muro eje el 75% de los frutos tuvieron > 77% de la superficie coloreada, en el muro bieje >78% y en el Planar Cordon >75% (Figura 7).



Figura 6. Distribución de calibres a 5a hoja para los diferentes sistemas de formación del ensayo plantado en la Estación Experimental de Lleida (Mollerussa). Los valores representados incluyen la primera y segunda pasada juntas.

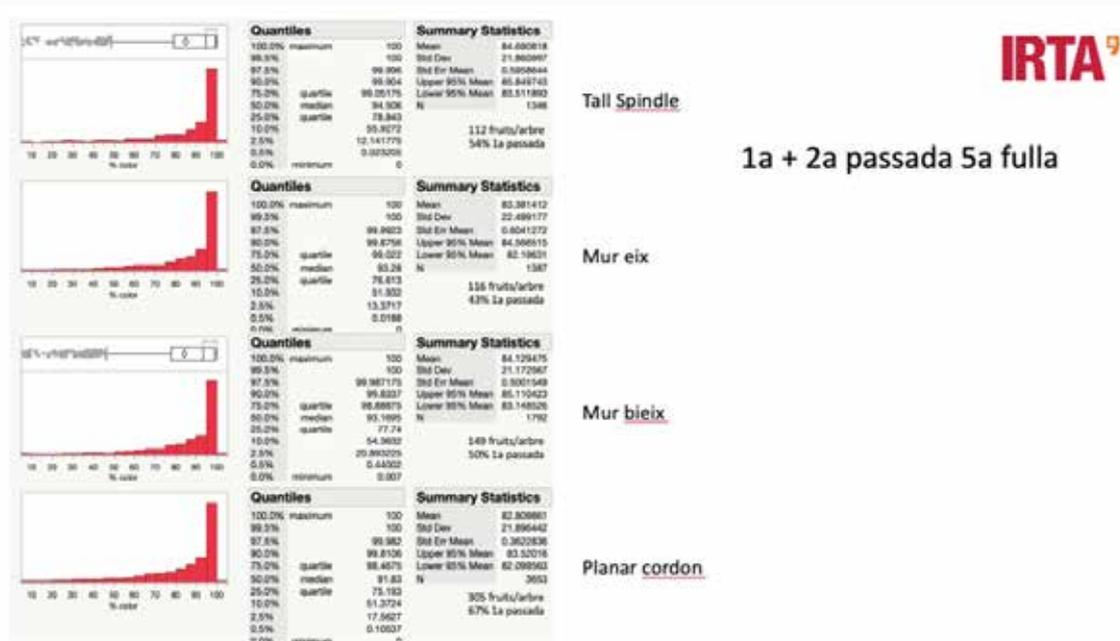


Figura 7. Distribución del porcentaje de frutos según su superficie coloreada a 5a hoja para los diferentes sistemas de formación del ensayo plantado en la Estación Experimental de Lleida (Mollerussa).

Se observó una tendencia a tener más frutos afectados por golpe de sol en el muro eje, seguido por el Tall Spindle, muro bieje y por último el Planar Cordon (Figura 8). Aún así, no hubo diferencias significativas entre sistemas , ni en la primera o segunda pasada. En términos generales, el golpe de sol se situó entre el 0,6-1,8% de los frutos afectados.

El coste de formación en el año 1 estuvo por debajo de las 50 horas/ha en el muro eje, muro bieje y Tall Spindle, mientras que el Planar Cordon requirió más de 250 horas/ha (Figura 9). A partir del año 2 y 3, el coste de formación se reduce para todos los sistemas, y para el Planar Cordon esta reducción es aún mayor.

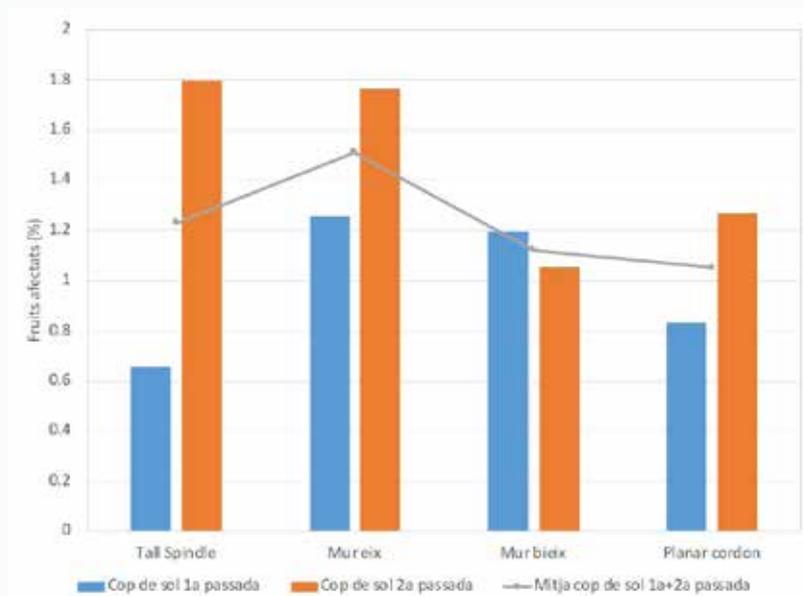


Figura 8. Porcentaje de frutos afectados por golpe de sol en 5a hoja para los diferentes sistemas de formación del ensayo plantado en la Estación Experimental de Lleida (Mollerussa).

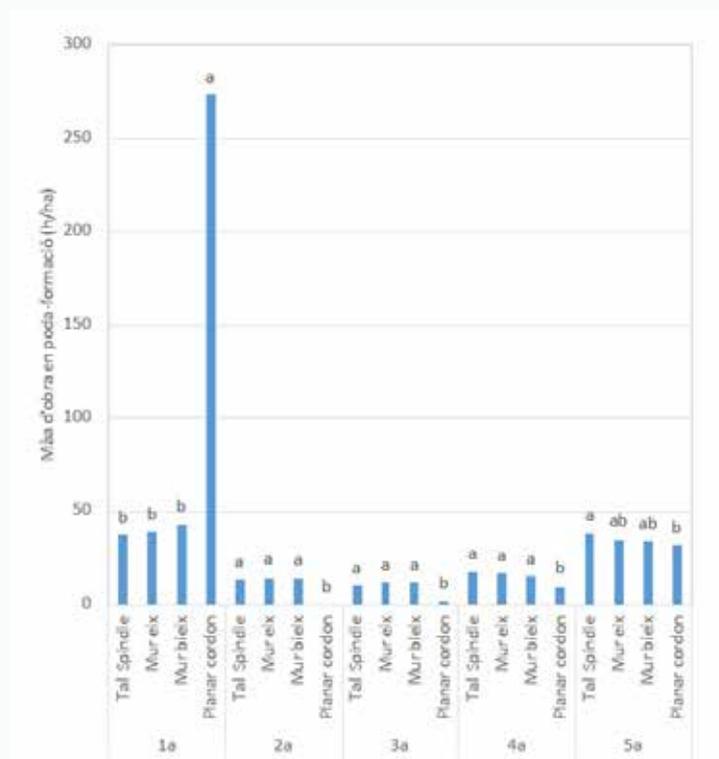


Figura 9. Horas por hectárea para la formación y poda de los distintos sistemas de formación durante los cinco primeros años.

Hasta 5a hoja, las horas acumuladas de formación y poda se sitúan alrededor de las 116 horas/ha por el muro eje, muro bieje y Tall Spindle; mientras que por el Planar Cordon está alrededor de las 316 horas/ha, debido sobre todo al elevado coste de formación del primer año (Figura 10). En cuanto a la poda, Tall Spindle es el sistema que extrae más madera (4664 kg/ha), seguido por el muro eje (3129 kg/ha), muro bieje (2469 kg/ha) y Planar Cordon donde menos poda se lleva a cabo (1436 kg/ha) (Figura 10).

De momento no se han observado diferencias significativas entre los diferentes sistemas de formación en relación a los diferentes parámetros de calidad del fruto. De esta modo la firmeza se sitúa en un valor medio de 7.23 kg/cm², los azúcares a 12,42 °Brix, y la acidez a 3,2 g ácido málico /L (Figura 11).

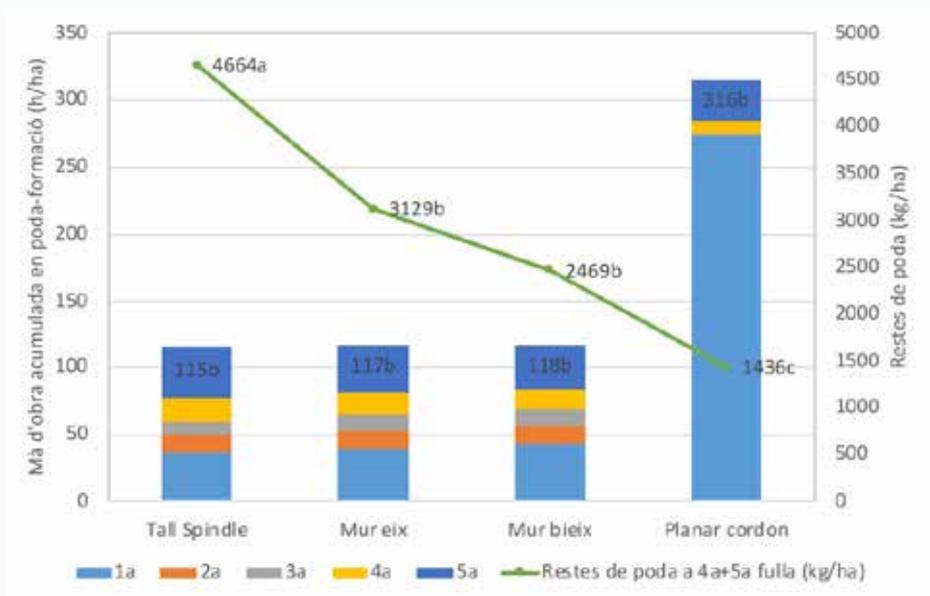


Figura 10. Horas por hectárea acumuladas hasta 5a hoja y restos de poda acumuladas a 4a y 5a hoja (kg/ha) para la formación y poda de los diferentes sistemas de formación.

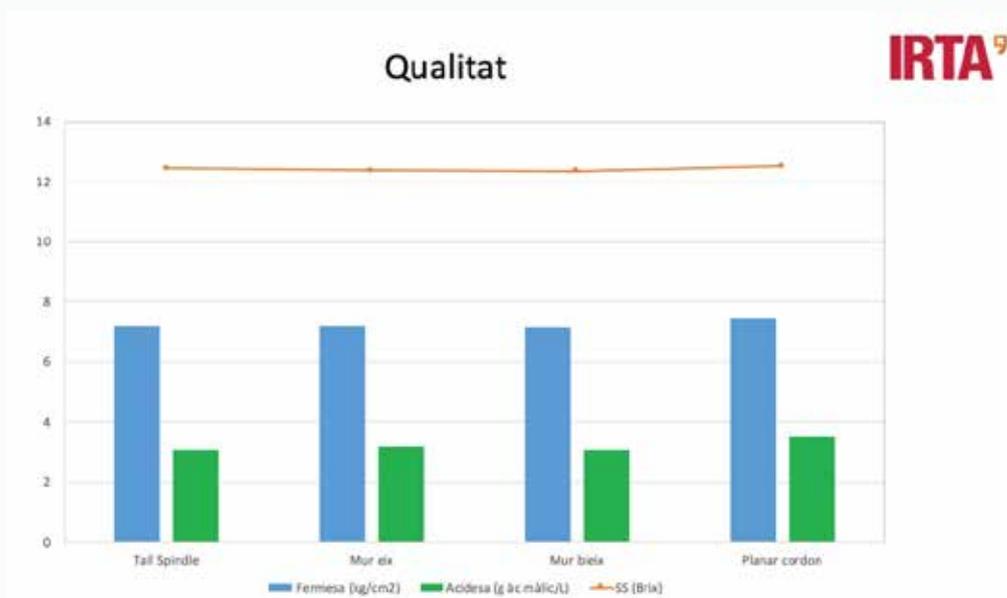


Figura 11. Parámetros de calidad del fruto de los diferentes sistemas de formación durante los cinco primeros años.

Discusión de los resultados y conclusiones

En este estudio se presentan los primeros datos referentes al establecimiento de cuatro sistemas de formación distintos. Cuando los comparamos entre ellos se observa como a nivel productivo el muro eje, el muro bieje y el Tall Spindle son muy similares, mientras que el Planar Cordon tiene más diferencias con el resto.

Estas diferencias son aún más claras en situaciones más limitantes, como es el caso de Mas Badia, donde el ensayo se ubicó en una parcela con unas condiciones de replantación muy marcadas. Este hecho provoca que tanto el crecimiento de los árboles como su producción sea menor que el observado en Mollerussa, donde las condiciones del suelo no son tan limitantes. Este hecho se ve agravado aún más por los sistemas que tienen más de un eje, como el muro bieje (2) y el Planar Cordon (10 ejes), donde en situaciones de replantación y un portainjerto como el M.9, las limitaciones quedan aún más marcadas.

Hay que tener presente también el coste de plantación de los distintos sistemas. Por ejemplo, tanto en el muro eje como en el Tall Spindle se plantan 3.367 árboles/ha (= 3.367 ejes/ha), mientras que por el muro bieje son 2.525 árboles/ha (5.050 ejes/ha), y para el Planar Cordon 1.333 árboles/ha (13.333 ejes/ha). Esto también hace que pies enanizantes como el M.9 dificulten más la entrada en producción de los sistemas multi-eje.

En relación a los parámetros de color y calibre, de momento son buenos para los 4 sistemas, y la producción acumulada hasta 5a hoja es buena, y más teniendo en cuenta que en los últimos dos años (4a y 5a hoja) hubo daños por helada que afectaron a los árboles de Mollerussa.

Hay que seguir evaluando estos sistemas y ver la evolución que tienen a partir de la 5a hoja, donde muy probablemente todos los sistemas habrán llenado ya buena parte del espacio que tienen asignado. Será en esta situación donde probablemente se observarán más diferencias entre ellos en cuanto a calibres y color. Además, el coste de manejo de los distintos sistemas tendrá también un rol destacado en su rentabilidad.

En este sentido, hay que tener presente que el Tall Spindle es un sistema pensado para que sea productivo y muy fácil de manejar, pero más difícil de mecanizar. Por otro lado, tanto el muro eje como el muro bieje están pensados para poder llevar a cabo de una forma lo más mecanizada posible tanto la poda, como el aclareo e incluso la cosecha. En cuanto al Planar Cordon es un sistema que quizás requiere un mayor conocimiento técnico al inicio, con un alto coste de formación en el primer año. Después su coste de formación baja muy drásticamente, lo que puede tener también un papel relevante en su rentabilidad con el paso de los años.

En 5a hoja es todavía muy pronto para poder concluir cuál es el mejor sistema de todos. De todas formas, los datos que hemos obtenido hasta el momento hacen pensar que no será cosa de un único sistema válido, sino que con sus particularidades todos los sistemas evaluados serán válidos siempre y cuando tengamos muy claro las diferentes situaciones de cultivar, clima, portainjerto, densidad de plantación, ubicación y condición económica a asumir.

Referencias bibliográficas

Balkhoven-Baart J, Wagenmakers P, Bootsma J, Groot M, Wertheim S (2000). Developments in Dutch apple plantings. *Acta Horticulturae* 513:261-270.

Barritt BH (1987). Orchard systems research in deciduous trees: A brief introduction. *HortScience* 22:548-549.

Ferree DC, Warrington IJ (2003). Apples: Botany, production and uses. CABI publishing, Cambridge, MA.

Lakso AN, Robinson TL (2014). Sunlight, yield, and productivity of apples. *New York Fruit Quarterly* 22:5-7.

Lakso AN, Robinson TL (1997). Principles of orchard systems management optimizing supply, demand and partitioning in apple trees. *Acta Horticulturae* 451:405-415.

Lespinasse JM, Lauri PE (1996). Influence of fruiting habit on the pruning and training of apple trees. *Compact Fruit Tree* 29:75-82.

Lordan J, Gomez M, Francescatto P, Robinson TL (2019). Long-term effects of tree density and tree shape on apple orchard performance, a 20 year study - part 2, economic analysis. *Scientia Horticulturae* 244:435-444.

Palmer JW (2011). Changing concepts of efficiency in orchard systems. *Acta Horticulturae* 903:41-49.

Palmer J (1988). Annual dry matter production and partitioning over the first 5 years of a bed system of Crispin/M. 27 apple trees at four spacings. *Journal of Applied Ecology* 25:569-578.

Robinson TL (2007). Effects of tree density and tree shape on apple orchard performance. *Acta Horticulturae* 732:405-414.

VIMAR EQUIPOS



SOLUCIONES INTEGRALES PARA ALMENDRO Y OLIVAR



Síguenos en:



www.vimarequipos.com

Pol. Escodinas, 3 · 44621 Mazaleón (Teruel) · España
comercial@vimarequipos.com · (+34) 978 89 88 11

VIMAR
harvest solutions

¿Se puede producir fruta bajo paneles fotovoltaicos?

Luis Asín y Miquel Peris, IRTA - Programa fruticultura

El concepto de Agrifotovoltaísmo (AgriPV) se basa en el uso compartido del suelo para producir energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos y cultivar terreno agrícola, lo que supone que la radiación solar incidente es captada por los paneles solares y por los cultivos, buscando una optimización de ambos sistemas (figura 1).

AgriPV no es un concepto nuevo, y se planteó por primera vez por Goetzberger & Zastrow, 1981, esta experiencia propuso colocar una estructura en altura y que la distancia entre filas de paneles fuese la suficiente para que la radiación pudiese llegar al suelo, y que la maquinaria agrícola pudiese circular y trabajar bajo dicha estructura.

También es posible compaginar la producción agrícola y energética sin una estructura que coloque los paneles encima del cultivo, en este caso se trata de paneles situados a escasa altura del suelo, aunque hay debate si esta aproximación puede considerarse AgriPV, ya que según la

disposición la superficie no tiene un doble uso, sino que se produce una distribución del terreno entre producción agrícola y eléctrica.

En el caso de cultivos frutales, al tener una altura en general superior a los 2,5 metros, e incluso superior a los 3 metros, normalmente los paneles fotovoltaicos se sitúan encima del cultivo, para así optimizar el aprovechamiento de la radiación incidente, sin que los paneles sean sombreados.

Con esta disposición la primera cuestión que se plantea es el efecto de la reducción de la radiación sobre el rendimiento productivo del cultivo. Hay que tener en cuenta que la reducción en la radiación está condicionada por diversos factores intrínsecos a la instalación fotovoltaica, como la orientación, el ángulo de inclinación, el tamaño de los paneles y la distancia entre ellos (Beck et al. 2012; Dupraz et al. 2011a) y factores estacionales, al variar la inclinación del sol y la duración del día a lo largo del año.

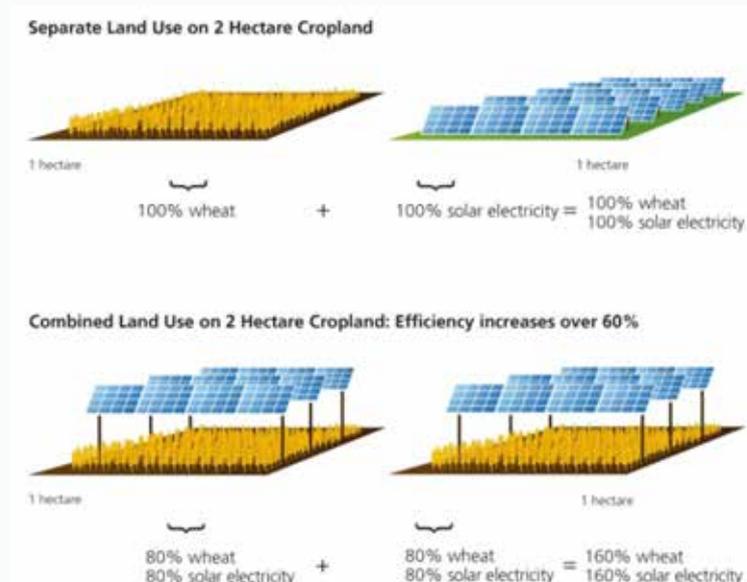


Figura 1. Beneficis en l'ús combinat del terreny en producció energètica i agrícola (Fuente. Fraunhofer).

Existen diversos estudios que relacionan la reducción de la radiación con el rendimiento productivo en diversos cultivos. En lechuga se vio que una reducción del 27% de la radiación supuso una pérdida productiva del 1-9% (Marrou et al. 2013c).

Uno de los casos más extremos se produjo en arroz, en el que con reducción del 77% de la radiación, la producción también disminuyó hasta un 73% (Islam y Morison, 1992), aunque también se indica que en según qué momentos del desarrollo del arroz, se registraron rendimientos productivos similares. Incluso hay estudios que indican que la producción puede ser mayor con una reducción de la radiación en regiones con una alta irradiación solar, si se genera sombreado durante desarrollo temprano de la planta (Kurupparachchi 1990) o alrededor mediodía (Midmore et al. 1988).

En general se observa una cierta disparidad de resultados según cultivos, condiciones de cultivo e intensidad de sombreado.

En el caso de manzana, una finca experimental en el Sur de Francia (Juillion et al, en prensa), se le sometió a una reducción importante en la radiación (50-55%) durante varios años, en los que se registró una pérdida productiva del 32 y 27% respectivamente en los dos primeros años. Esa experiencia puede servir para indicar un valor de reducción de radiación que no debería ser superado. Pero también es importante destacar, que aunque la reducción media anual de la radiación fue del 50-55%, varió entre el 5 y el 85%, lo que puede considerarse un rango muy amplio.

El efecto del sombreado de paneles fotovoltaicos encima de arboles frutales, es mucho más complejo que la reducción de la capacidad fotosintética, y su efecto sobre la capacidad productiva. La instalación de paneles fotovoltaicos supone, además, un cambio en el microclima que no es constante a lo largo del día. Este cambio en el microclima puede favorecer o perjudicar a los árboles en función del estado fenológico, del proceso fisiológico que se esté produciendo, el stress abiótico provocado por temperatura y radiación extremas, etc.

Se puede establecer ciertos paralelismos con las mallas antigranizo, ya que estos sistemas también modifican el microclima, especialmente la temperatura (Do Amarante et al., 2011; Mupambi

et al., 2018), y este cambio modifica procesos fisiológicos del árbol (Ebert y Casierra, 2000; Gregoriou et al., 2007), la morfología de la hoja (Bjorkman, 1981; Evans y Poorter, 2001; Fellner et al., 2016), la producción y la calidad de la producción (Iglesias & Alegre 2006).

El listado de los procesos en los que habrá cambios o alteraciones es amplio, pero de ellos se destacan los siguientes.

1. Modificación en la fenología de floración

L'ombregi a l'hivern provoca una reducció de la temperatura, aquest efecte pot ser especialment important a l'hora d'acumular hores de calor que afectarà a l'inici del desborre, cosa que pot comportar un retard en la floració i conseqüentment en les fases de desenvolupament del fruit fins a la recol·lecció. Tot i així, hi ha experiments en què no s'ha observat modificació en la fenologia.

2. Efecto sobre las heladas

Tal y como se indicaba anteriormente, el retraso en la floración supondría una reducción en el riesgo de helada, pero también se ha descrito que los paneles pueden provocar que la temperatura nocturna sea superior por el efecto pantalla en el calor latente que desprende el suelo durante la noche y madrugada. Aún así, hay que tener presente que la radiación incidente durante el día será inferior, por lo que es probable que la acumulación de energía pueda ser un elemento con comportamiento dispar.

3. Balance de carbohidratos

La reducción de radiación supone una disminución de la capacidad fotosintética de la planta, esta circunstancia puede ser crítica en el caso que haya un déficit en el balance de carbohidratos. Si este déficit se produce en el momento de desarrollo inicial de los frutos, se producirá una caída superior de frutos, afectando a la producción final. Este punto es crítico y altamente dependiente de la especie, en el caso de manzana será necesario modular la estrategia de aclareo químico.

4. Estrés térmico

El sombreado, especialmente en las horas centrales del día, reducirá la temperatura de la planta. En la mayor parte de cultivos el intercambio de gases se reduce al mínimo o incluso se paraliza entorno a los 30°C. Esta circunstancia hace pensar que aquellos cultivos que son más sensibles al stress térmico

mostrarán un mejor comportamiento agronómico bajo paneles fotovoltaicos, al reducirse el stress y/o al optimizar la capacidad fotosintética.

5. Reducción de requerimiento hídricos

La evapotranspiración del cultivo disminuye al reducir la radiación, lo que se deberá traducir en un cambio en el cálculo de las necesidades hídricas. Existe un estudio en melocotón con mallas negras antipedrisco (Girona et al., 2012), en el que una reducción de la radiación del 18% supuso una disminución del 25% de los requerimientos hídricos, manteniéndose el estado hídrico de los árboles.

6. Calidad del fruto

En este ámbito puede haber efectos positivos o negativos. En los primeros destacarían la reducción de los daños por golpe de sol, especialmente en variedades de manzana, al reducir la temperatura y la radiación incidente en el momento de máxima insolación. Y en el caso de efectos negativos, se puede indicar la disminución en el contenido en azúcares y en la coloración de los frutos. En el primer caso, y para las condiciones de cultivo del Valle del Ebro, el riesgo puede ser relevante en variedades tempranas de melocotón y nectarina, mientras que en el caso de la coloración, las variedades bicolors de manzana podrían ser las más perjudicadas, especialmente los clones del grupo Gala.

7. Otros procesos críticos

Cada cultivo presenta algunos procesos clave que pueden estar afectados por la modificación del microclima. Dentro de dichos procesos se puede citar, por un lado la inducción floral, todos los cultivos pueden verse afectados negativamente si en este momento se produce un aumento de la temperatura, de entre ellos destaca el cerezo que puede generar frutos gemelos en la campaña siguiente. Por otro lado la acumulación de reservas es un proceso clave, que garantiza la disponibilidad de suficientes hidratos de carbono que asegura la viabilidad de la flores y el desarrollo inicial de los frutos polinizados.

8. Efecto sobre plagas, enfermedades y fauna auxiliar

Las alteraciones en el microclima afectarán al ciclo biológico de cualquier insecto o enfermedad, pero es especialmente evidente que ciertas disposiciones de los paneles provocan que los árboles no se humecten, reduciendo de esa manera la presión de enfermedades fúngicas, como sería el caso del

moteado en manzano. Del mismo modo podría haber efecto en el ciclo de insectos polinizadores.

A pesar de que el número de artículos en los que se aborda el AgriPV en diferentes cultivos está aumentando en los últimos años, resulta difícil valorar el impacto del sombreado en frutales en nuestras condiciones. Dicha dificultad es debida a cuatro argumentos, respuesta y comportamiento diferente de cada cultivo, intensidad de sombreado, condiciones de microclima generado y manejo del cultivo, así como la interacción múltiple entre dichos factores. Ello provoca que los resultados de todos los estudios deben ser tratados con cautela. y que no puedan transferirse directamente a cualquier sistema AgriPV.

La mayor parte de los estudios concluyen que la restricción en la disponibilidad de luz provoca pérdidas de rendimiento en la mayoría de los cultivos. El alcance de las pérdidas dependerá en gran medida de las condiciones climáticas locales (especialmente radiación solar y temperatura) y la implementación técnica del sistema AgriPV. Dicho esto, en las regiones áridas, caracterizadas por efectos negativos por la alta radiación y pérdidas elevadas de agua, el sombreado puede ser ventajoso y conducir a la estabilidad del rendimiento (Amaducci et al. 2018).

Es muy probable que aquellos cultivos que presentan una buena adaptación a niveles bajos de radiación puedan mantener o incluso aumentar los rendimientos productivos. Y también aquellos que presenten pérdidas por una radiación o temperatura excesiva, que provoca stress abióticos.

Centrándonos en cultivos frutales, parece que el manzano es la especie más interesante a un sistema AgriPV al ser un cultivo adaptado originariamente a climas de veranos suaves y alta humedad (Bouhier de l'Ecluse, 1983). De hecho, el aumento de periodos con altas temperaturas provocadas por el clima cambio (Herring et al., 2016) reducen el crecimiento del fruto debido a una disminución en la actividad fotosintética y también reducen el número de frutos aptos para el consumo por golpe de sol (Wünsche et al., 2001; Manja y Aoun, 2019). Sin embargo hay otros cultivos frutales que pueden ser también interesantes sea por algún problema específico del cultivo (secado de hojas en pera Conference) o sea por presentar un ciclo corto (cerezo).

Instalaciones AgriPV en cultivos frutales

En las instalaciones AGRIPV, hay 3 elementos que forman parte del proyecto, se trata de estructura de soporte y sujeción de paneles, disposición (fija o dinámica) y la tipología de paneles fotovoltaicos.

En el caso de cultivos frutales, la tecnología AgriPV que se está implementando, consiste en una estructura metálica que sitúa los paneles en altura por encima de las plantaciones. En concreto los paneles se sitúan encima de los árboles, sea en forma de capilla o a una única vertiente según la orientación de la finca.

Se puede disponer de postes en todas las filas o con mayor separación (figura 2), en el primer caso los alambres de la plantación se sujetan a los postes de la estructura AgriPV, mientras que en el segundo caso, se colocarán postes de madera u hormigón en las filas que no dispone de postes metálicos. En ambos casos se dispone de vigas transversalmente para sustentar la estructura de paneles

Debido a las fuerzas que soporta la estructura se requiere que los postes sean clavados en el terreno, en los primeros proyectos se empleaba zapatas de hormigón, pero en la actualidad hay estructuras con postes clavadas directamente en el suelo a profundidad en torno a 1,5 metros (figura 3).

Se observa una evolución rápida de las estructuras metálicas, ya que las primeras estaban sobredimensionadas.

Como la mayor parte de los paneles fotovoltaicos tienen unas dimensiones próximas a 2 * 1 metro, se colocan dos paneles longitudinalmente encima de los árboles, con cierta inclinación. De modo que, en el caso de plantaciones con separación de filas de 4 metros, en medio de las filas quedará un espacio de unos 2 metros libre de paneles.

Normalmente la disposición de los paneles es a dos aguas o inclinaciones, aunque puede ser a una única agua si de esa manera la intercepción de radiación es mayor por la orientación de las filas, en ese caso los paneles pueden colocarse transversalmente a los árboles, pero no variará el espacio que dejarán libre entre las filas de árboles.

En relación con la disposición de los paneles, pueden ser fijos o dinámicos (figura 4). En el caso de los fijos, su disposición y orientación es aquella que maximiza la intercepción de luz, mientras que, en el caso de dinámicos, se coloca un sistema de seguidores que permite regular la orientación según el momento del día, condiciones meteorológicas,

En el caso de sistemas dinámicos, se permite modular la captación de radiación por los paneles, y consecuentemente la radiación que llega a los árboles en cada momento del día, buscando la máxima rentabilidad del sistema combinado agrícola y energético.



Figura 2. Disposición de postes de la estructura en cada fila (izquierda) o cada 4 filas (derecha).

A pesar de que hay varias propuestas en fase comercial o en desarrollo, se han identificado 4 con presencia en Europa como las más avanzadas.

<https://sunagri.fr/>
<https://remtec.energy/en>
<https://www.agri-light.com/>
<https://www.ombrea.fr/>

Todas ellas tienen diferentes sistemas de seguidores, sea mediante uno o dos ejes, o con desplazamiento horizontal de los paneles. En general dichos sistemas están asociados a estaciones que registran valores de temperatura, humedad en suelo, lluvia y radiación, así como un algoritmo que regula el movimiento de las placas. En la mayor parte de los

casos, el mismo sistema sirve para automatizar el riego localizado.

El tercer elemento de la instalación es la tipología de paneles, dentro de este apartado existen fundamentalmente dos elecciones, en primer lugar, si los paneles son mono o bifaciales, y en segundo lugar si son opacos o transparentes.

En referencia a si disponen de células en ambas caras (bifaciales) o en solo una de las caras (monofaciales), la decisión dependerá de la estimación del albedo de la plantación. En general son pocas las instalaciones que son bifaciales, aunque la reducción de los costes de los paneles y el aumento del precio de la electricidad podría provocar cambios.



Figura 3. Detalle de los postes con zapata de hormigón (izquierda) o clavados directamente en terreno (derecha).



Figura 4. Detalle de sistema dinámico con seguidores (izquierda) o fijos sin sistemas de orientación (derecha).

El debate que parece interesante es el del empleo de paneles transparentes o semitransparentes, en este caso las células se instalan en paneles de vidrio de modo que la radiación puede pasar entre el espacio intercelular, permitiendo de esa manera que no exista una sombra continua y uniforme (figura 5). Esta disposición permite que parte de la radiación que llega a la plantación sea difusa, lo que podría favorecer el comportamiento productivo.

Existen en el mercado diferentes opciones de paneles transparentes con diferente disposición y densidad de las células, lo que permite variar el porcentaje de radiación que pasará a través de los paneles, y así evitar los posibles problemas relacionados con un sombreado excesivo.



Figura 5. Aspecto de paneles transparentes que permiten el pase de la luz

Proyecto DACC-IRTA

Desde el Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural y en colaboración con IRTA se realizará un proyecto sobre AgriVoltaismo, para evaluar la combinación de producción agrícola y energética. En concreto se construirá una instalación AgriPV en la Finca IRTA-Mollerussa sobre una parcela de manzana adulta de las variedades

El inicio de la instalación será en los próximos meses, y estará activa antes de iniciar la campaña 2023. Este proyecto ocupará una superficie de

3.000 m², y se dispondrá de un sistema fijo con paneles transparentes, un sistema dinámico Sun-Agri (<https://sunagri.fr/>) y una zona sin paneles que servirá como referencia o testigo.

El proyecto evaluará durante 3 años por un lado el efecto de los sistemas sobre el comportamiento agronómico y fisiológico en manzana Golden y Gala, y por otro lado la productividad energética con diferentes sistemas, así como los requerimientos de mantenimiento y manejo del sistema fotovoltaico.

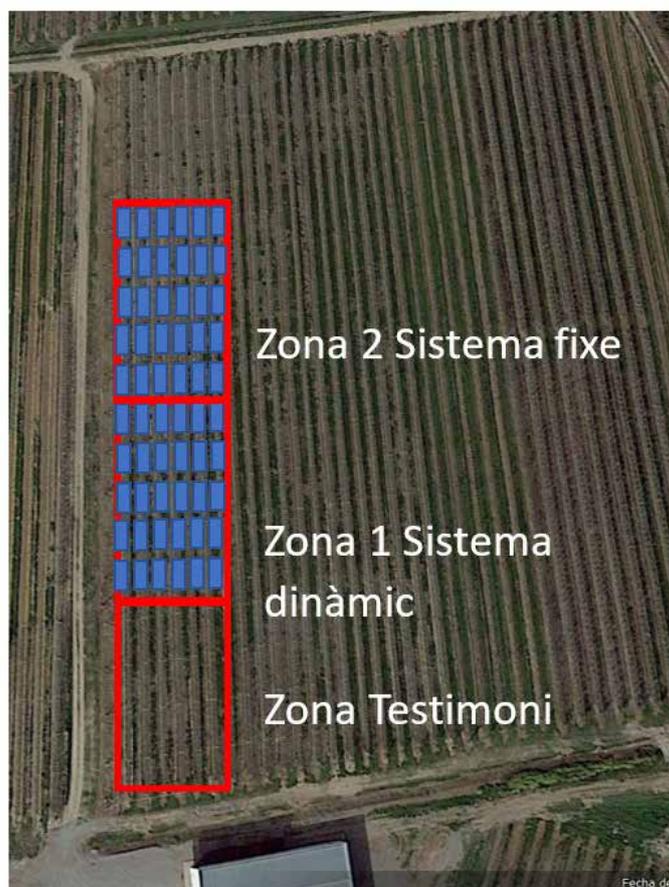


Figura 6. Esquema del proyecto AgriPV de DACC-IRTA en finca Mollerussa.

Agradecimiento:

Esta actividad tiene el soporte de la línea de Projectes de Fons Climatic del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural.

Referencias

- Amaducci S, Yin X, Colauzzi M. 2018. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Appl Energy* 220:545–561.
- Beck M, Bopp G, Goetzberger A, Obergfell T, Reise C, Schindele S. 2012. Combining PV and food crops to agrophotovoltaic – optimization of orientation and harvest. 5 pages / 27th European photovoltaic. Solar Energy conference and exhibition; 4096-4100.
- Edited by Bjorkman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Ziegler, H. (Eds.), *Physiological Plant Ecology I*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 57–107.
- Bouhier de l'Écluse, R., 1983. The apple. *Cultivation and outlets*. Apple Cultiv. Outlets 1–361.
- Do Amarante, C., Steffens, C.A., Argenta, L.C., 2011. Yield and fruit quality of 'Gala' and 'Fuji' apple trees protected by white anti-hail net. *Sci. Hortic.* 129 (1), 79–85.
- Dupraz C, Marrou H, Talbot G, Dufour L, Nogier A, Ferard Y. 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renew Energy* 36: 2725–2732
- Ebert, G., Casierra, F., 2000. "Does netting always reduce the assimilation of apple trees? (Verringert die Einnetzung grundsätzlich die assimilationsleistung von Apfelbäumen?)." *Erwerbs Obstbau* 42, 12–14.
- Evans, J.R., Poorter, H., 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant Cell Environ.* 24 (8), 755–767.
- Fellner, H., Dirnberger, G.F., Sterba, H., 2016. Specific leaf area of European larch (*Larix decidua* Mill. *Trees* 30 (4), 1237–1244.
- Girona, J., Behboudian, M.H., Mata, M., Del Campo, J., Marsal, J., 2012. Effect of hail nets on the microclimate, irrigation requirements, tree growth, and fruit yield of peach orchards in Catalonia (Spain). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 87 (6), 545–550.
- Goetzberger A, Zastrow A. 1982. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *Int J Solar Energy* 1:55–69.
- Gregoriou, K., Pontikis, K., Vemmos, S., 2007. Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (*Olea europaea* L. *Photosynthetica* 45 (2), 172–181.
- Herring, S.C., Hoell, A., Hoerling, M.P., Kossin, J.P., Schreck III, C.J., Stott, P.A., 2016. Explaining extreme events of 2015 from a climate perspective. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 97 (12), S1–145.
- Iglesias, I & Alegre, S. 2006. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. 2006. *Journal of Applied Horticulture* 8(2):91-100.
- Islam MS, Morison JIL. 1992. Influence of solar radiation and temperature on irrigated rice grain yield in Bangladesh. *Field Crop Res* 30: 13–28
- Juillion, P., López, G., Fumey, D., Lesniak, V., Génard, M., Vercambre, G. 2022. Shading apple trees with an agrivoltaic system: Impact on water relations, leaf morphophysiological characteristics and yield determinants. *Scientia Horticulturae*. En prensa.
- Kurupparachchi DSP. 1990. Intercropped potato (*Solanum spp.*) "effect of shade on growth and tuber yield in the northwestern regosol belt of Sri Lanka. *Field Crop Res* 25, 61–72.
- Marrou H, Wery J, Dufour L, Dupraz C. 2013. Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *Eur J Agron* 44:54–66.

Manja, K., Aoun, M., 2019. The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: a review. *Sci. Hortic.* 246, 110–122.

Midmore DJ, Berrios D, Roca J. 1988. Potato (*Solanum* spp.) in the hot tropics V. intercropping with maize and the influence of shade on tuber yields. *Field Crop Res* 18:159–176.

Mupambi, G., Anthony, B.M., Layne, D.R., Musacchi, S., Serra, S., Schmidt, T., Kalcsits, L. A., 2018. The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: a review. *Sci. Hortic.* 236, 60–72.

Wünsche, J.N., Greer, D.H., Palmer, J.W., Lang, A., McGhie, T., 2001. Sunburn – the cost of a high light environment. *Acta Hortic.* 557, 349–356.



SUMITOMO CHEMICAL

Creative Hybrid Chemistry
For a Better Tomorrow

Juvinal[®] 10 EC

INSECTICIDA

**Control de Piojo
de San José
y Cochinillas en frutales**
La eficacia del original.



Y su filial
KENOGARD
CULTIVAMOS LA INVESTIGACION • 研究深耕
www.kenogard.es

Lucha química contra las heladas

Estanis Torres, IRTA - Programa fruticultura

Introducción

Las heladas primaverales es uno de los estrés abióticos más importantes al que deben enfrentarse los cultivos frutícolas. El estrés por heladas depende de muchos factores como la especie, la variedad, el microclima, la tecnología de cultivo o edad de los árboles. El cambio climático está haciendo crecer el riesgo de heladas de finales de primavera en el norte de la península ibérica (Figura 1). A este hecho debemos añadir un aumento de la vulnerabilidad de los cultivos debido a un adelanto de la salida de reposo por el incremento general de las temperaturas. Sin embargo, los daños provocados por las heladas primaverales ha sido siempre un gran problema para el sector frutícola, por lo que a lo largo de la historia se han desarrollado diferentes mecanismos para proteger los cultivos.

Los métodos de protección contra las heladas para los cultivos pueden dividirse en métodos pasivos y activos. Los métodos pasivos son aquellos que se aplican antes de que se produzca la helada; por ejemplo, la selección de la variedad, la elección del sitio de plantación, el manejo de la cobertura

vegetal y/o la aplicación de productos químicos. Por otra parte, los métodos activos son aquellos que se aplican durante el momento en que se produce la helada con el objetivo de evitar que la temperatura caiga por debajo del punto de congelación, como molinos de viento, calentadores, quemadores o riego por aspersión.

Por lo general, los métodos activos son métodos de protección con un elevado coste energético y la tecnología actual no permite poder utilizar simultáneamente más de uno de estos métodos de protección a la vez, a diferencia de los métodos pasivos que se pueden combinar con una protección activa.

Dentro de la protección pasiva encontramos el uso de productos químicos para proteger los cultivos de las heladas. La protección química contra las heladas incluye el uso de diferentes productos que pueden clasificarse como: fertilizantes minerales convencionales (como el nitrógeno, el potasio, el boro), productos hormonales (reguladores de crecimiento), productos antitranspirantes y bioestimulantes. De hecho, el uso de productos



Figura 1. Evolución de la previsión del número de días anuales con heladas en primavera (Marzo – Mayo) en una simulación de altas emisiones de CO₂ (RCP8.5). Fuente: Statistical Office of the European Union (Eurostat).

químicos para proteger los cultivos contra las heladas se viene estudiando desde los años sesenta. Los primeros productos utilizados para proteger a los cultivos de las heladas fueron reguladores del crecimiento con capacidad para retrasar el desarrollo de la brotación y/o aumentar la tolerancia al frío (Rieger, 1989). A día de hoy, además, existe en el mercado una oferta de productos fertilizantes y bioestimulantes específicos para la protección de los cultivos contra heladas con capacidad osmótica, crioprotectora y/o antioxidante.

A pesar de los grandes esfuerzos que realizan las empresas del sector de la fertilización y bioestimulación vegetal investigando continuamente con el objetivo de descubrir nuevos productos más efectivos en los productos existentes, existe poca información científica disponible sobre su modo de acción y su eficacia. En este artículo, se hace una revisión de todos los tipos de productos (nutrientes minerales, fitoreguladores, antitranspirantes y bioestimulantes) que son o han sido utilizados para la protección de los cultivos contra las heladas.

Mecanismos de defensa de las plantas contra las heladas

Las temperaturas de helada por debajo de cero pueden dañar los tejidos de las plantas, e incluso, matar a sus órganos, debido a la formación de hielo extracelular que deshidrata las células y daña las membranas. Para evitar daños durante el invierno, los árboles caducifolios entran en un estado de

latencia en otoño, cuando empiezan a acortar los días, que les permite responder a las bajas temperaturas induciendo mecanismos fisiológicos para reducir la temperatura de congelación intra y extracelular y/o para aumentar la tolerancia a la congelación. Sin embargo, en primavera, una vez las plantas salen de este estado de latencia y se encuentran en crecimiento activo, es cuando son más vulnerables a las heladas. Sin embargo, todavía mantienen algunos de estos mecanismos de defensa intrínsecos para evitar la formación de hielo intra y extracelular y/o hacerse resistentes al frío (Figura 2).

Los daños por frío comienzan a nivel celular. Cuando existe riesgo de congelación, se pueden formar cristales de hielo en los espacios extracelulares; esta congelación de la solución extracelular crea un gradiente de potencial hídrico en la célula que comporta una salida de agua desde el citoplasma al exterior (Figura 3).

En otras palabras, existe una deshidratación celular porque los cristales de hielo de fuera de la célula hacen que haya una solución más concentrada en el exterior que la de dentro de la célula, aumentando el potencial osmótico y el consecuente escape de agua del interior de la célula. Por lo general, las plantas no se mueren de frío en sí, sino por la deshidratación que esta fuga de agua provoca, básicamente por la falta de solutos para retener el agua.

Además, si se llega a formar hielo dentro de la célula, los cristales de hielo pueden dañarla físicamente,



Figura 2. Mecanismos de protección de las plantas contra el estrés por heladas (adaptación de Román-Figueroa et al., 2020)

rompiendo las membranas de los orgánulos, lo que resultará letal produciendo una necrosis celular. Las plantas han desarrollado diferentes mecanismos para evitar que esto suceda, desde la aclimatación al frío por medio de diferentes cambios fisiológicos que permiten que las plantas mejoren su resistencia en un entorno de heladas, hasta mecanismos intrínsecos dentro de las células por hacerlas tolerantes a la formación de hielo o para evitar directamente la formación de cristales.

La tolerancia a la congelación es el mecanismo que permite tolerar la formación de hielo en el apoplasto y, por tanto, la supervivencia a la temperatura de congelación. Mediante este mecanismo, la planta puede soportar la formación de hielo en sus espacios extracelulares. Esto se logra, con la acumulación en el interior de las células de solutos de baja masa molecular, como azúcares solubles, polioles, aminoácidos y otros agentes crioprotectores, que ayudan a reducir la deshidratación debido a la migración de agua en los espacios extracelulares (Ouellet y Charron, 2013).

Estos solutos evitan la pérdida de agua de las células cuando existe una situación de helada. Su acumulación en el citoplasma celular actúa por ósmosis, creando una mayor concentración de solutos en el interior de la célula respecto al exterior a pesar de la formación de cristales de hielo. De esta forma la dirección del agua se invierte y el agua queda retenida en la célula evitando su deshidratación.

La tolerancia a la congelación también puede conseguirse mediante la modificación en la estructura de algunos lípidos y proteínas de las membranas de las células para aumentar su estabilidad e integridad (Ouellet y Charron, 2013). Se sabe que aminoácidos como la prolina ayudan a estabilizar las membranas celulares interactuando con los fosfolípidos de membrana. Estos aminoácidos evitan que el hielo se propague sobre las membranas y las mantienen funcionales.

Evitar la congelación permite retrasar la formación de hielo intercelular y/o evitar la propagación del hielo que ya está formado. El mecanismo más importante para evitar la propagación del hielo en el interior de la planta son las proteínas que se unen al hielo como un anticongelante. Estas proteínas son absorbidas por los cristales de hielo y evitan la migración de las moléculas de agua de espacios intracelulares a extracelulares, colaborando en mantener el equilibrio osmótico.

Además, estas proteínas pueden tener una actividad inhibidora de la recrystalización del hielo, evitando que pequeños cristales de hielo se agreguen para formar otros mayores (Bredow y Walker, 2017). Por lo general, cualquier estrés abiótico, como un aumento de la temperatura, la falta de agua, la radiación solar o las heladas, inducen la formación de especies reactivas de oxígeno, conocidas por su acrónimo en inglés ROS, y radicales libres en el tejido vegetal. Los ROS (H₂O₂, O₂⁻,...) provocan la oxidación de las membranas celulares en una reacción en cadena provocando la muerte celular

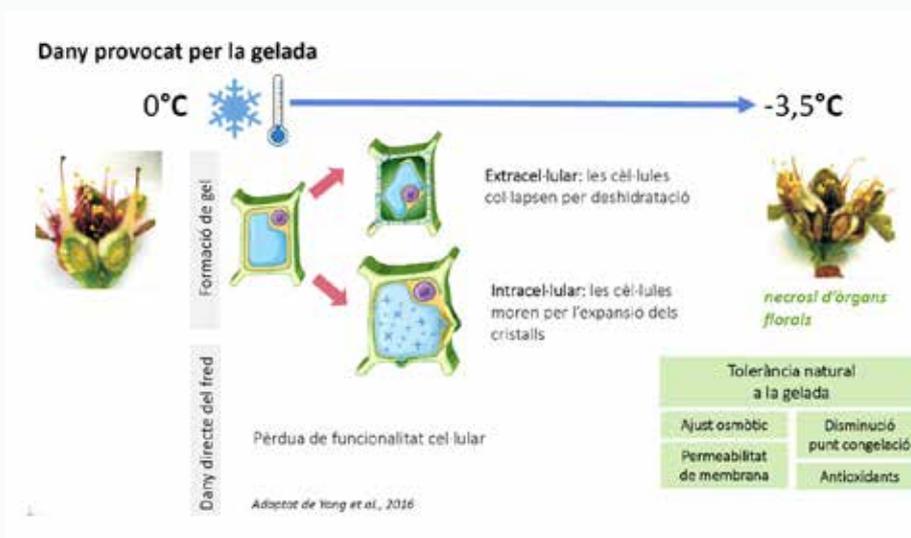


Figura 3. Daños provocados por las heladas y tolerancia natural a la helada (Fuente: Olivo & Gonzalez, 2021).

(Bartosz, 1997). Las plantas responden al estrés oxidativo con la formación de antioxidantes, que son capaces de eliminar a los ROS y los radicales libres para evitar que las membranas celulares se desintegren. Los antioxidantes más destacados de las plantas son el α -tocoferol (vitamina E), el ácido ascórbico (vitamina C), los carotenoides y los compuestos fenólicos. A partir del estudio de todos estos mecanismos de defensa, las empresas investigan y desarrollan los productos para proteger los cultivos de los daños por frío.

Nutrientes minerales

La capacidad de algunos nutrientes minerales para proteger los cultivos contra el estrés de la bajada de las temperaturas y reducir los daños de las heladas ha sido evaluada por distintos autores. Sin embargo, a partir de los resultados que podemos encontrar en la literatura científica, observamos que la eficacia de los nutrientes minerales es variable y dependen del tipo de nutriente y cultivo.

Potasio

Ya hemos visto que una opción para que las plantas aumenten su resistencia a las heladas es reducir el punto de congelación mediante la formación de sólidos solubles como azúcares, aminoácidos y/o iones osmóticamente activos, de esta forma se retrasa la formación interna de cristales de hielo. Uno de los iones con mayor presencia en los tejidos de las plantas es el potasio.

El potasio se disuelve en el interior de la célula y/o en los espacios intracelulares ayudando a disminuir el punto de congelación al aumentar la cantidad de soluto y, consecuentemente, ayudando a mantener el ajuste osmótico. Es un hecho que yemas con altos contenidos de azúcares y potasio tienen más posibilidades de sobrevivir en los inviernos extremos (Sarikhani et al., 2014). Además, el potasio es un nutriente esencial para las plantas por lo que su deficiencia puede afectar al rendimiento de los cultivos en condiciones de estrés de diferentes formas.

En este sentido, el potasio es un componente importante del mecanismo de cierre hidrodinámico estomático, por tanto, se requiere un nivel adecuado de potasio para regular la conductancia estomática y la fijación del CO₂, entre otros procesos celulares;

una deficiencia de potasio puede limitar el cierre estomático y favorecer la pérdida de agua por transpiración, lo que favorecerá a la deshidratación celular (Wang et al., 2013).

Calcio

El calcio también desempeña un papel importante a la hora de proporcionar a las plantas una tolerancia a las bajas temperaturas, aunque su mecanismo de acción todavía no está del todo claro (Román-Figueroa et al., 2020). El calcio es un elemento clave en la composición de las membranas celulares, mejorando su fluidez y estabilidad.

De esta forma, el calcio también mejora la calidad y conservación poscosecha de los frutos (Torres, 2020). Según algunos estudios, un aumento de las aplicaciones foliares de calcio puede inducir el cierre estomático y evita la deshidratación de las hojas (Waraich et al., 2012; Wilkinson et al., 2001), además de reforzar las membranas celulares ya que el calcio se une con lípidos y proteínas a las membranas evitando la fuga de solutos.

Boro

El boro es otro de los minerales relacionados con una mayor tolerancia al frío. Entre las funciones del boro en la nutrición de las plantas, las más importantes son su papel en la formación de la pared celular y promover el crecimiento y desarrollo del polen, proceso muy importante en la formación de semillas y la producción de fruta.

El boro ha demostrado ser eficaz para mejorar la tolerancia a las heladas de las plantas estabilizando la pared celular y su función, además de su papel en la regulación de la permeabilidad de las membranas celulares (Brown et al., 2002). Estudios realizados en abetos han mostrado que después de tratamientos con boro los brotes jóvenes de los árboles presentan una mejor tolerancia a las heladas (Räisänen et al., 2009).

Este resultado podría estar asociado con un efecto beneficioso del boro sobre la estabilidad de los tejidos bajo el estrés. Además de su papel en el mantenimiento y regulación de las paredes y membranas celulares, las aplicaciones de boro han mostrado tener un efecto sobre la fecha de floración en almendro. Un estudio realizado por el IRTA en

almendro en condiciones de secano mostró que aplicaciones foliares de boro en otoño, además de incrementar el cuajado, podían retrasar la floración durante 4-6 días, lo que puede ayudar a las flores de evitar períodos de mayor riesgo de heladas de finales de invierno o principios de primavera (Figura 4, Rufat & Arbonés, 2006).

Antagonismos a la protección contra heladas

Es evidente que una correcta nutrición mineral es esencial para el desarrollo de las plantas y que variaciones en las dosis o tiempos de aplicación de algunos nutrientes pueden crear desequilibrios nutricionales y afectar negativamente al cultivo y su protección contra las heladas.

Como ejemplo, algunos estudios han mostrado que un exceso de nitrógeno puede perjudicar la protección de los cultivos contra las bajas temperaturas, probablemente atribuido a un aumento del crecimiento vegetativo y, en consecuencia, una mayor susceptibilidad de los tejidos al estrés disminuyendo su tolerancia (Scagel et al., 2010).

Por tanto, habrá que ajustar el programa de fertilización con el objetivo de que la planta disponga durante el período de riesgo de heladas de aquellos nutrientes que le serán beneficiosos y evitar desequilibrios nutricionales que puedan meter en peligro su tolerancia al frío.

Reguladores del crecimiento

Los reguladores del crecimiento son compuestos hormonales asociados a distintos procesos del crecimiento de las plantas. El retraso de la floración es el principal mecanismo de este tipo de productos en la protección contra las heladas. Los retardantes del crecimiento de los brotes, como el paclobutrazol y el ácido abscísico, han demostrado ser efectivos para evitar daños a los brotes debidos a la bajada de las temperaturas (Dwyer et al., 1995).

Estos compuestos actúan disminuyendo el crecimiento de las plantas y favorecer la latencia de los brotes. Además, el paclobutrazol puede comportarse como un antitranspirante, disminuyendo la longitud de los estomas y aumentando la densidad estomática. Cabe decir que el paclobutrazol es un inhibidor de la biosíntesis del ácido giberélico y, en consecuencia, estos dos componentes activos actúan de forma opuesta, por lo que el ácido giberélico puede aumentar la susceptibilidad de las plantas al frío al estimular su crecimiento.

Otros reguladores del crecimiento, como el etefón, se han utilizado o utilizan en distintos países para retrasar el momento de la floración y, en consecuencia, reducir el riesgo de exposición de las flores a las bajas temperaturas.

A día de hoy el etefón tiene registro en España sólo para el viñedo, manzano y olivo en aplicación precosecha, además del caqui como uso excepcional.

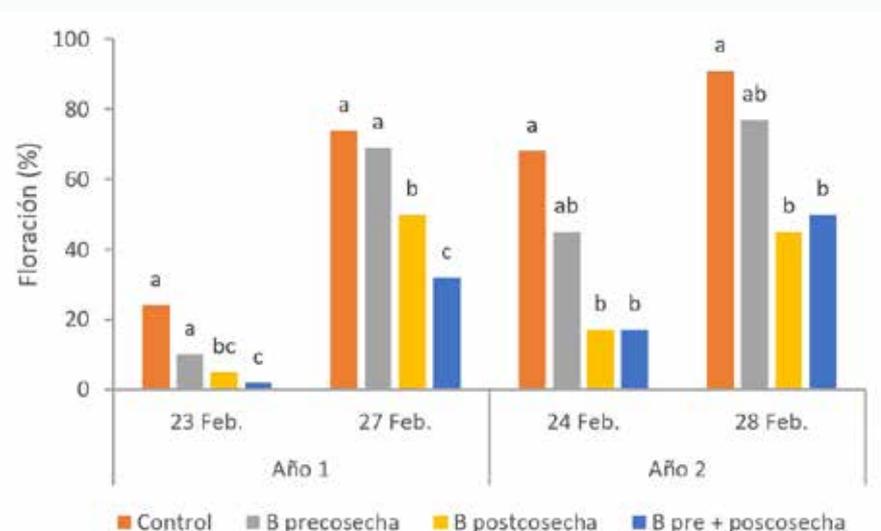


Figura 4. Porcentaje de flores abiertas por tratamiento en almendro cv. Desmayo Langueta. Datos correspondientes a dos ensayos en dos años consecutivos (año 1 y 2). Control: tratamiento sin aplicaciones; B precosecha: aplicación foliar de boro en primavera; B poscosecha: aplicación foliar de boro después de la cosecha; B pre + poscosecha: dos aplicaciones foliares de boro en primavera y después de cosecha.

Fuente: Rufat & Arbonés, 2006.

El etefón es un regulador del crecimiento que al degradarse libera etileno. Muchos estudios han mostrado que la aplicación en otoño de etefón puede retrasar de forma efectiva el tiempo de floración en la primavera siguiente en diferentes especies, especialmente en fruta de hueso. El retraso de la floración inducido por el etefón puede oscilar entre 3 y 18 días, dependiendo del cultivo, concentraciones y tiempo de aplicación.

Por lo general, aplicaciones tempranas en otoño a altas concentraciones son más efectivas. Por ejemplo, la aplicación de etefón en ciruelos con un 10% de caída de hojas a 250 y 500 ppm retrasó la floración 13 y 16 días, respectivamente, y 5 y 7 días cuando se aplicó en una fase más avanzada de caída de hojas del 50% (Tabla 1; Crisosto et al., 1990).

En un ensayo realizado por el IRTA en almendro de la variedad 'Vairo' se obtuvieron retrasos de la floración de 4 a 7 días con una respuesta positiva al incremento de la dosis de 50 a 200 ppm, sin

embargo, un mayor retraso asoció a una pérdida del rendimiento productivo (Tabla 2). En todos los casos, la eficacia del etefón parece estar limitada a la etapa pre-dormante, con poco o ningún efecto cuando se aplica en estado de latencia y con un alto riesgo de abscisión de gemas florales si no es aplica a la dosis y momento adecuado. Cabe remarcar que la posible aparición de efectos nocivos debidos a la aplicación del etefón, tales como gomosis, abscisión de gemas y flores, muerte terminal, falta de brotación de las gemas florales y reducción del rendimiento productivo.

Tabla 1. Efecto del momento y concentración de la aplicación de etefón en el retraso de la floración y producción en ciruelo de la variedad 'Italian' (Crisosto et al., 1990).

Ethephon (mg·liter ⁻¹)	Bloom delay (days)		Yield (kg/tree)	
	Time of application (1985)			
	10% Leaf drop (25 Oct.)	Complete leaf drop (14 Nov.)	10% Leaf drop (25 Oct.)	Complete leaf drop (14 Nov.)
0	0	0	38	38
300	6.7	2.4	31	36
600	9.5	3.6	22	41
Linear	*	*	*	NS
Quadratic	*	*	*	*
Ethephon × application time	**		**	

NS,*,**Nonsignificant or significant at $P = 0.05$ or 0.01 , respectively. Each mean represents an average of 10 trees.

Tabla 2. Efecto de la concentración de la aplicación de etefón en el retraso de la floración y producción en almendro de la variedad 'Vairo' (Miarnau et al., 2017).

Ethephon (mg·liter ⁻¹)	Application time	Full bloom	Bloom delay (days)	Yield (kg/ha)
0		24-mar	0	1169
50	20% leaf drop (9 nov.)	28-mar	4	796
100		04-abr	7	670
200		04-abr	7	566

Antitranspirantes y bioestimulantes

Dentro de los productos para protección contra heladas existen formulaciones de aplicación foliar antitranspirantes con efecto protector contra heladas, según los fabricantes, y productos bioestimulantes creados específicamente como tratamientos preventivos contra las heladas.

La oferta de este tipo de productos puede variar según el país. Los primeros son elaborados a base de resinas y extractos de algas marinas que actúan como protector biológico de las plantas; los segundos, contienen en su formulación nutrientes minerales, aminoácidos antioxidantes (alfa-tocoferol) y/u otros crioprotectores que, por un lado, retrasan el punto de congelación en el interior de la célula y, por otro lado, protegen los tejidos de los daños producidos por la helada.

Antitranspirantes

Este tipo de productos actúan mediante la formación de una membrana semi-permeable a base de polímeros orgánicos que impide la pérdida de agua, frenando la congelación y evitando la deshidratación de las plantas.

A nivel internacional podemos encontrar diferentes formulaciones de este tipo de productos, sin embargo, la información científica que apoya su eficacia es limitada (Román-Figueroa et al., 2020). El polímero beta-pineno (di-1-p-menteno) es uno de los ingredientes más utilizados en este tipo de formulaciones. Este polímero orgánico, que se obtiene a partir de la resina de pino, se utiliza en agricultura como surfactante y antitranspirante. Cuando se aplica sobre las plantas, el agua se evapora y deja en la superficie exterior una película flexible y suave sobre los tejidos que se polimeriza rápidamente formando una cadena más larga y de mayor peso molecular que resiste la penetración de la humedad, mientras que en la superficie interior permanece suave y pegajosa, con menor peso molecular, adhiriéndose a los tejidos de la planta.

Codifrost-plus® de Codiagro (<https://www.codiagro.com/productos-de-accion-especial/codifrost-plus/>) y Scudor® de Arvensis (<https://www.arvensis.com/es/productos/scudor/>) son dos formulaciones a base de resinas acrílicas que se comercializan en España con la función específica de

proteger las plantas de las heladas, pero podemos encontrar otros productos con este principio activo que se comercializan como coadyuvantes o antitranspirantes por situaciones de estrés en general. Este mecanismo puede utilizarse para proteger o mitigar la transpiración de las plantas en cualquier tipo de estrés abiótico (estrés térmico, hídrico, radiación,...).

Sin embargo, su eficacia y su modo de acción como protectores contra las heladas no es a día de hoy concluyente. Probablemente, la protección contra la congelación de este tipo de productos antitranspirantes venga por la barrera física que la membrana lipófila forma en la superficie de los tejidos y por evitación de la formación extrínseca de hielo debido a la reducción de la humectabilidad (Román-Figueroa et al., 2020).

Bioestimulantes

Algunos agentes anticongelantes o crioprotectores como el polietileno de glicol han demostrado una eficacia al reducir el punto de congelación impidiendo la formación extracelular de hielo y aumentando la resistencia de los órganos tratados en el frío.

Este tipo de componentes podemos encontrarlos como ingredientes activos en la formulación de bioestimulantes específicos para la protección contra heladas, junto con otros componentes que confieren al producto final la capacidad de proteger los cultivos de las heladas mediante diferentes modos de acción.

Entre estos otros componentes se incluyen sales minerales a base de boro y/o potasio —el mecanismo de acción de éstas ya se ha discutido anteriormente—, productos antioxidantes de origen natural que actúan neutralizando los radicales libres que se forman en las membranas de las células, y fosfolípidos, hidratos de carbono y otros compuestos orgánicos que actúan como crioprotectores y para mantener el equilibrio osmótico.

Tal y como ya se ha comentado, el estrés por congelación altera principalmente las membranas celulares, lo que afecta a su integridad y permeabilidad, provocando el escape de solutos y finalmente la muerte celular. Los fosfolípidos,

especialmente los fosfolípidos insaturados, se encuentran entre los componentes más importantes en la membrana celular y aumentan de concentración cuando las plantas se exponen a bajas temperaturas. Se ha observado que la aplicación exógena de fosfolípidos insaturados puede replicar los efectos de los fosfolípidos endógenos bajo aclimatación al frío y ayudar a mantener la integridad de las membranas (Krahn, 2020).

Otros ingredientes en la formulación de este tipo de bioestimulantes son componentes antioxidantes que ayudan a que las plantas sean más tolerantes frente a situaciones de estrés. Entre estos compuestos, el α -tocoferol es el antioxidante natural que ha demostrado mayor eficacia contra los daños por frío. Los efectos del α -tocoferol y el glicerol se han evaluado por separado y en combinación con resultados favorables contra los daños por frío en

manzano y tomate (Wolfel y Noga, 1998). Además, la aplicación del α -tocoferol de forma exógena puede colaborar en mantener la estabilidad y la integridad de las membranas celulares bajo estrés abiótico (Sadiq et al., 2019).

Uno de los primeros productos comerciales en combinar estas tres acciones (sales minerales, crioprotectores y antioxidantes) fue Basfoliar® Frost Protect o Compo® Frost Protect de Compo, actualmente descatalogado en España. Este producto estaba formado por boro, α -tocoferol y polietileno de glicol. El IRTA realizó diferentes estudios en melocotonero y almendro llegando a la conclusión de que el producto podía reducir la mortalidad de flores de un 50% a un 10% en heladas de hasta $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, reduciendo entre $1,5$ y $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ las temperaturas correspondientes a un 10, 50 y 90 % de mortalidad (Torres et al., 2017).

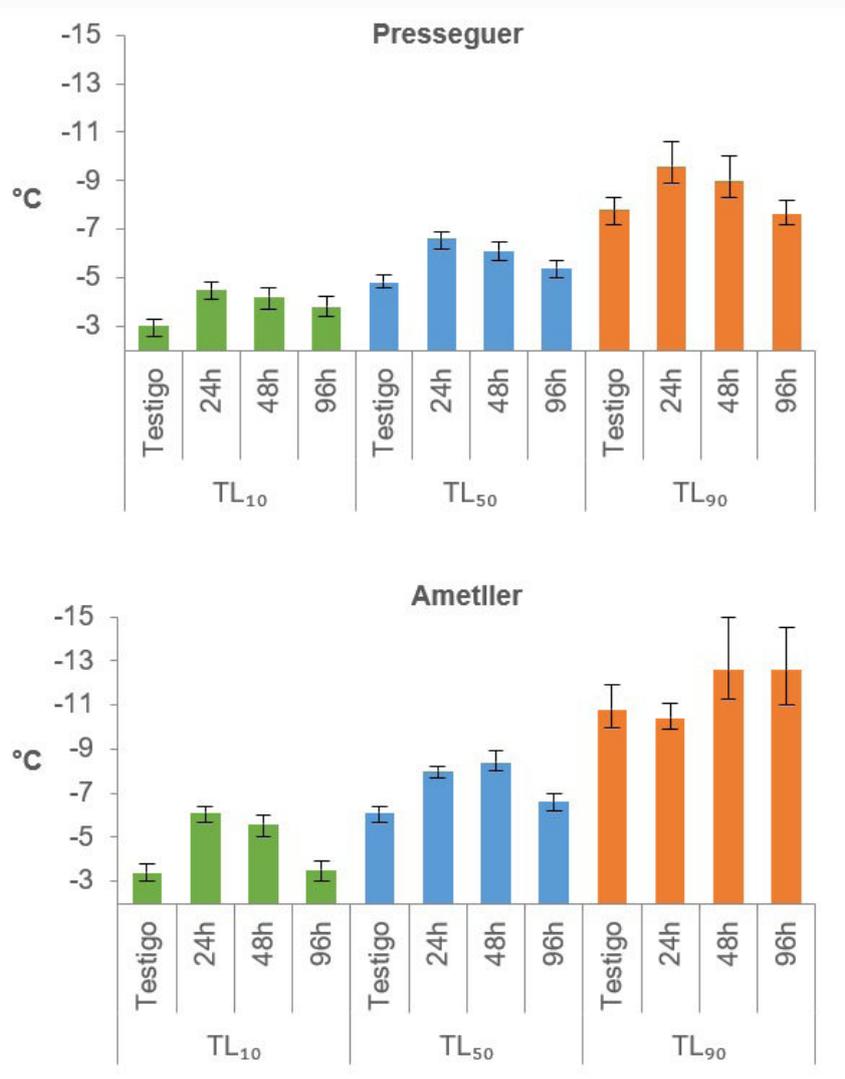


Figura 5. Temperaturas letales (TL) para flores de melocotonero y almendro tratadas con Basfoliar® Frost Protect 24, 48 y 96 horas antes de las heladas. TL10 : temperaturas correspondientes a un 10% de mortalidad; L 50 : temperaturas correspondientes a un 50% de mortalidad; L90 : temperaturas correspondientes a un 90% de mortalidad (Torres et al., 2017).

Actualmente encontramos en el mercado el producto Kryoss de la empresa Sustainable Agro Solutions (<https://www.sas-agri.com/ca/productes/kryoss/>). Según su fabricante, Kryoss es un bioestimulante con osmolitos y otros compuestos osmoprotectores, crioprotectores y antioxidantes que confieren tolerancia y previenen el daño por heladas.

Su formulación permite disminuir el punto de congelación, evitar la formación de cristales intracelulares, la pérdida de la integridad de las membranas y la muerte celular. A partir de diferentes estudios, se ha llegado a la conclusión de que Kryoss puede reducir los efectos de los daños en heladas de hasta $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, incrementando la supervivencia de las flores y disminuyendo el riesgo de pérdidas en la producción y la calidad de los frutos.

Como ejemplo, en un estudio realizado por el IRTA en condiciones controladas en pera 'Conference', la aplicación de Kryoss mostró un aumento del 20% del porcentaje de flores viables (sin daños por frío) después de una helada simulada de $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 6). En un ensayo realizado en 2022 en condiciones de campo en melocotonero de la variedad 'Nectaperf', el tratamiento de Kryoss aplicado 48 horas antes de un período de 3 días con temperaturas mínimas bajo cero de hasta $-3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, supuso una reducción de flores afectadas por daños por frío del 14%, lo que se tradujo en un incremento significativo de la producción de 4 a 8 t/ha (Figura 7).

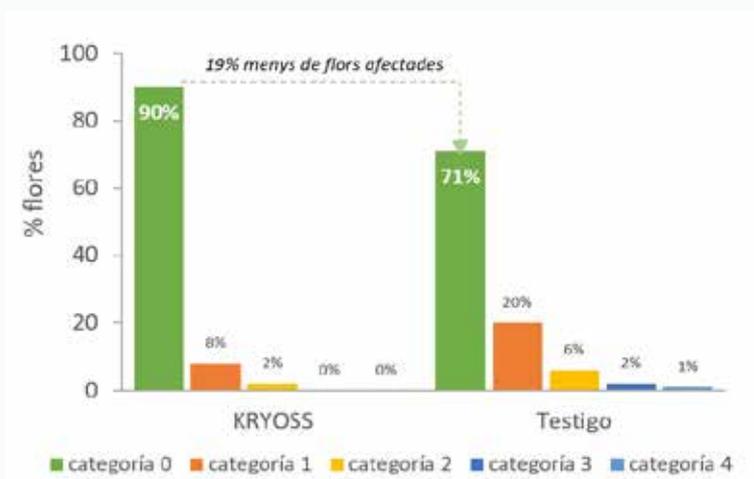


Figura 6. Porcentaje de flores de pera 'Conference' según la categoría de daño por helada (categoría 0, 1, 2, 3 y 4) en brotes tratados con KRYOSS 36 horas antes de una helada de $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ simulada en condiciones de laboratorio y en comparación con flores sin tratar (Testigo). Categoría 0: sin daño; categoría 1: necrosis en la parte apical del ovario; categoría 2: oscurecimiento del pistilo y necrosis en las paredes del ovario; categoría 3: necrosis en la base del pistilo, paredes y en el interior del ovario; categoría 4: necrosis del pistilo y del ovario.

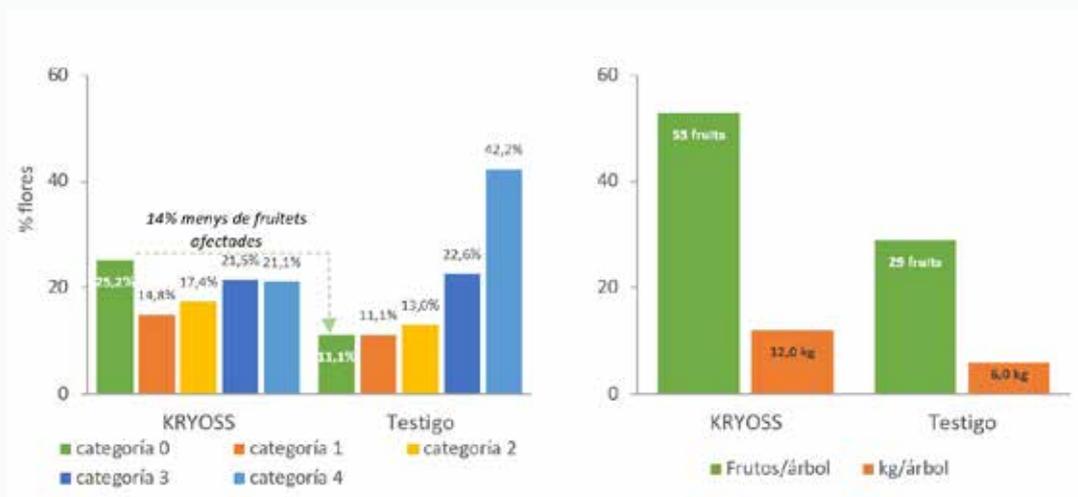


Figura 7. Porcentaje de frutales de melocotonero 'Nectaperf' según la categoría de daño por helada (categoría 0, 1, 2, 3 y 4) en árboles tratados con KRYOSS 48 horas antes de tres días consecutivos con temperaturas bajo cero con mínimas de $-3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, y en comparación con árboles sin tratar (Testigo). Categoría 0: sin daño; categoría 1: necrosis en la parte apical del ovario; categoría 2: oscurecimiento del pistilo y necrosis en las paredes del ovario; categoría 3: necrosis en la base del pistilo, paredes y en el interior del ovario; categoría 4: necrosis del pistilo y del ovario

Conclusiones

En el mercado internacional podemos encontrar una amplia oferta de productos para combatir los daños por heladas. El modo de acción de estos productos varía en función del tipo de producto y su formulación. Tradicionalmente se había utilizado el etefón para retrasar la fecha de floración y escapar del período de riesgo de heladas, sin embargo, el uso de este fitoregulator no está autorizado y su aplicación puede suponer un riesgo en la disminución del rendimiento productivo.

A día de hoy, podemos encontrar una amplia oferta de productos antitranspirantes disponibles contra las heladas, pero sin resultados concluyentes y poca información científica sobre su modo de acción. Otro tipo de productos son los bioestimulantes que combinan la acción de distintos ingredientes con una eficacia demostrada. Actualmente en España encontramos el producto Kryoss con triple acción contra los daños por frío (regulador osmótico, crioprotector y antioxidante).

Este tipo de productos han mostrado una eficacia con resultados satisfactorios para heladas hasta $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en diferentes cultivos, reduciendo en torno a un 10-20% el porcentaje de flores afectadas, sin embargo, su efecto es variable y puede depender tanto de la duración de la helada como del cultivo. Todos estos productos presentan la ventaja de que se pueden combinar con métodos activos contra las heladas como ventiladores, quemadores o aspersión, para aumentar la protección de los cultivos a las bajas temperaturas.

Referencias

Bartosz, G. (1997). El estrés oxidativo en las plantas. *Acta fisiologiae plantarum*, 19(1), 47-64. <https://doi.org/10.1007/s11738-997-0022-9>

Bredow, M., Tomalty, HE, Smith, L. y Walker, VK (2017). Hielo y actividades antinucleares de una proteína que se une al hielo de la hierba anual, *Brachypodium distachyon*. *Planta, Célula y Medio Ambiente*, 41, 983-992. <https://doi.org/10.1111/pce.12889>

Brown, PH, Bellaloui, N., Wimmer, MA, Bassil, ES, Ruiz, J., Hu, H., ... Pfeiffer H., Dannel, F. y Römheld, V. (2002). Boro en biología vegetal. *Biología vegetal*, 4(02), 205-223. <https://doi.org/10.1055/s-2002-25740>

Crisosto, CH, Miller, AN, Lombard, PB y Robbins, S. (1990). Efecto de las aplicaciones de etefón de otoño sobre el retraso de la floración, la floración y la fructificación de duraznos y ciruelas pasas. *HortScience*, 25(4), 426-428. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.25.4.426>

Dwyer, PJ, Bannister, P. y Jameson, PE (1995). Efectos de tres reguladores del crecimiento de las plantas sobre el crecimiento, la morfología, las relaciones hídricas y la resistencia a las heladas en madera de limonero (*Pittosporum eugenioides* A. Cunn). *Revista de Botánica de Nueva Zelanda*, 33, 415 - 424. <https://doi.org/10.1080/0028825X.1995.10412968>

Krahn, parlamentario (2020). Fosfolípidos de la membrana plasmática: ¿reguladores o consecuencia de la polaridad celular?. *Fronteras en biología celular y del desarrollo*, 8, 277. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00277>

Olivo, N., & Gonzalez, LM 2022. Kryoss: el bioestimulante para minimizar el impacto de las heladas (Sustainable Agro Solutions SAU). Jornada técnica Innoespa - Estrategias de lucha frente a heladas primaverales en frutales. 149ª Feria de San José (Mollerussa). <https://totlleida.cat/la-prevencio-i-reduccio-de-danys-per-les-helades-primaverals-protagonista-de-la-jornada-innoespai/>

Ouellet, F., & Charron, J.-B. (2013). Cold acclimation and freezing tolerance in plants. In eLS, John Wiley & Sons, Ltd. (Ed.). eLS, 7, 93. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0020093.pub2>

Räisänen, M., Repo, T., & Lehto, T. (2009). Cold acclimation of Norway spruce roots and shoots after nitrógeno and boron fertilización. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016101225074>

Rieger, M. (1989). Protección contra heladas para cultivos hortícolas. *Reseñas hortícolas*, 11, 45-109. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.8.1.10>

Román-Figueroa, C., Bravo, L., Paneque, M., Navia, R., & Cea, M. (2021). Productos químicos para la protección de cultivos contra el estrés por congelación: una revisión. *Revista de Agronomía y Ciencia de Cultivos*, 207(3), 391-403. <https://doi.org/10.1111/jac.12489>

- Rufat, J., & Arbonés, A. (2006). Aplicaciones foliares de boro en almendros de secano. *Acta Horticulturae*, 721, 219-226. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.721.29>
- Sadiq, M., Akram, NA, Ashraf, M., Al-Qurainy, F. y Ahmad, P. (2019). Regulación del crecimiento y metabolismo inducida por alfa-tocoferol en plantas en condiciones de estrés y sin estrés. *Revista de Regulación del Crecimiento Vegetal*, 38(4), 1325-1340. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09936-7>
- Sarikhani, H., Haghi, H., Ershadi, A., Esna-Ashari, M. y Pouya, M. (2014). La aplicación foliar de sulfato de potasio mejora la resistencia al frío de la vid (*Vitis vinifera* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(2), 141-146. <https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513060>
- Scagel, CF, Regan, RP, Hummel, R. y Bi, G. (2010). La tolerancia al frío de los fresnos verdes cultivados en contenedores está influenciada por el tipo y la tasa de fertilizante nitrogenado. *Horttechnology*, 20, 292-303. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.2.292>
- Torres, E. (2020). Aplicaciones de calcio para la mitigación del bitter pit en manzana: Análisis de la eficacia de la aplicación por fertirrigación, aplicaciones foliares y baños poscosecha. *Vida Rural*, (487), 45-52.
- Torres, E., Alonso, D., & Miarnau, X. (2017). Basfoliar® Frost Protect, una nueva herramienta para reducir los daños por heladas en frutales. *Revista De Fruticultura*, 53, 44-53. <https://quatrecbcn.es/fruticultura-053>
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of Potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Science*, 14, 7370-7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
- Waraich, EA, Ahmad, R., Halim, A. y Aziz, T. (2012). Alivio del estrés por temperatura mediante el manejo de nutrientes en plantas de cultivo: una revisión. *Revista de Ciencias del Suelo y Nutrición Vegetal*, 12, 221-244. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162012000200003>
- Wilkinson, S., Claphan, AL y Davies, WJ (2001). El cierre rápido de estomas inducido por bajas temperaturas ocurre en hojas de *Commelina communis* tolerantes al frío pero no en hojas de tabaco sensibles al frío, a través de un mecanismo que involucra calcio apoplásico pero no ácido abscísico. *Fisiología vegetal*, 126, 1566-1578. <https://doi.org/10.1104/pp.126.4.1566>
- Wolfel, D. y Noga, G. (1998). El efecto del α -tocoferol y el glicerol en la prevención del daño por congelación de las flores. *Acta Horticulturae* 466, 95-102. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.466.16>

Sistemas de protección contra heladas primaverales en frutales

Miquel Peris y Carlos Faro, IRTA - Programa fruticultura

Introducción

Los frutales constituyen una de las principales producciones agrarias de Cataluña por su peso económico, por la superficie de cultivo, por su importancia relativa en la producción tanto de Europa como del Estado español, y por su orientación exportadora.

Cataluña es el área más importante de producción de fruta dulce de España y, al mismo tiempo, es el noveno productor mundial de melocotón y nectarina, el decimotercero productor mundial de pera y el trigésimo séptimo de manzana.

Según los últimos datos (2020) en Cataluña existen unas 44 mil hectáreas dedicadas a la fruta dulce, donde se producen anualmente alrededor de 750.000 toneladas de melocotón y nectarina, manzana y pera, mayoritariamente.

Prácticamente todas las especies de estos grupos de cultivo son, en mayor o menor medida, sensibles a los efectos de las heladas primaverales que se producen a lo largo de los meses de marzo y abril, coincidiendo con el período de floración y cuajado de los frutos.

En los últimos años, como consecuencia de inviernos más cálidos de lo habitualmente observado, la plena floración se ha avanzado en la mayoría de los cultivos llegando en algunos casos a hacerlo unos 5-10 días antes de las fechas medias históricas. Este hecho ha propiciado que las especies se encuentren, por lo general, en estadios fenológicos más avanzados y sensibles a los efectos de las bajas temperaturas (por debajo de 0°C).

Por otra parte, expertos del grupo intergubernamental sobre el cambio climático han catalogado la zona del Valle del Ebro como muy

susceptible a sufrir de forma más frecuente todo tipo de fenómenos climáticos extremos, siendo uno de ellos las heladas primaverales que, previsiblemente, aumentarán su frecuencia e intensidad y la de la helada primaveral. Este hecho se ha observado en dos años seguidos (2021 y especialmente 2022).

En el año 2022 se ha producido un episodio de heladas primaverales intensas entre los días 2 y 4 de abril que ha provocado daños muy importantes en la zona frutera del Valle del Ebro, en un amplio abanico de especies, incluso en algunas, como es el caso de la higuera, donde habitualmente no se producen.

Más allá de las pérdidas directas ocasionadas se producen afectaciones secundarias que afecta generalmente a la economía agroalimentaria de la zona en forma de regulaciones temporales de empleo (ERTO), disminución del consumo de insumos productivos, pérdida de mercados por no poder cubrir la demanda existente, desequilibrios productivos en las plantaciones o incrementos en las primas de contratación de seguros.

Por todo ello, la protección contra las heladas primaverales y sus efectos se ha convertido en una prioridad para asegurar la competitividad y sostenibilidad de las explotaciones frutícolas en un contexto de incertidumbre climática.

Por tanto, ante estas inclemencias climáticas totalmente incontrolables sólo se pueden aplicar sistemas de protección, pasivos y activos para hacerle frente y evitar en la medida de lo posible su incidencia sobre la actividad y la economía de la zona.

En este artículo se hará una recopilación sintética de los aspectos básicos de las heladas y los diversos sistemas de protección disponibles en la actualidad con sus características principales y sus ventajas y limitaciones.

Tipo de heladas

Las heladas, en general, pueden clasificarse en dos tipos principales en función de cómo se produce la transmisión de calor: por advección y por radiación.

En el caso de heladas de advección se producen por el movimiento de grandes masas de aire de origen polar que invaden zonas extensas provocando una renovación del aire presente por otro con menor temperatura. Son heladas en las que el descenso de la temperatura es muy rápido, hay presencia de viento y la humedad relativa es más baja. Con estas condiciones son muy complicadas de predecir y luchar contra ellas. Son las que se llaman "heladas negras" porque no hay presencia de rocío ni escarcha.

Las heladas por radiación se dan cuando en el intercambio de radiación entre las plantas y la atmósfera existe un balance negativo, es decir que las plantas (y el suelo) emiten más radiación de la que reciben. Esta pérdida de calor por irradiación conlleva un descenso de su temperatura que si cae por debajo de la temperatura crítica provocará daños en los cultivos.

En estas condiciones, normalmente se crea una estratificación del aire de forma que el aire más frío

(y por tanto más denso) se sitúa en las zonas más bajas en contacto con el sol y las plantas y el aire caliente asciende a cotas más altas hasta una altura en la que volverá a ser más frío. Esto es lo que se conoce como capa de inversión térmica (Figura 1).

Si existen nubes, se atenúa la pérdida de calor porque impiden el paso de la radiación hacia la atmósfera y si hay viento se mezclan las capas de aire de diferentes temperaturas rompiendo la estratificación y manteniendo las temperaturas más altas. Por tanto, este tipo de heladas se darán normalmente en noches claras y sin viento.

Aparte del calor y su transferencia, un aspecto crucial en el desarrollo de las heladas y en su defensa es la humedad relativa del aire y su comportamiento termodinámico:

La cantidad de vapor de agua que puede contener el aire depende de su temperatura. Cuanto mayor es esta temperatura más vapor de agua puede contener. Cuando la temperatura de una masa de aire con un determinado contenido de vapor agua, baja, llega un momento en que no puede contener tanta humedad y el agua condensa en forma de rocío liberando 540 calorías/gramo de agua. La temperatura a la que se produce esta condensación se conoce como el punto de rocío y en ese momento el aire se encuentra al 100% de humedad relativa. Si la temperatura baja hasta el 0°C este rocío se hiela, formando escarcha sobre las plantas y liberando 80 cal/g. Si la bajada de temperaturas es muy rápida se puede helar directamente el vapor de agua (sublimación regresiva o deposición)

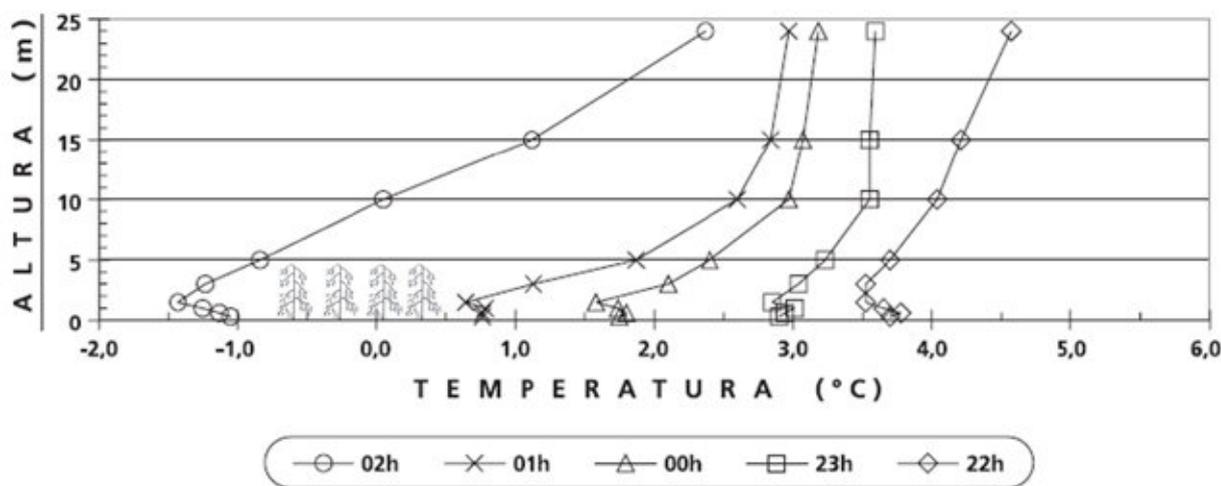


Figura 1. Desarrollo de las condiciones de inversión térmica a diferentes horas de la noche en una parcela de manzanos en Portugal. Fuente: Snyder & de Melo-Andreu, 2005, 2010).

creando cristales transparentes en forma de aguja y liberando también 620 cal/g de agua (Figura 2).

Estos procesos, se dan en situaciones donde el aire contiene una elevada cantidad de vapor de agua y en heladas de radiación dando lugar a lo que se llaman "heladas blancas".

Se pueden producir también heladas por evaporación cuando se dan condiciones en que la humedad relativa se desciende y las plantas están mojadas por rocío o por riego a aspersión. Cuando se produce esta evaporación, el agua toma del ambiente y de las plantas que cubre, 540 calorías por gramo de agua que se evapora, ocasionando un descenso de la temperatura de la planta por debajo de la temperatura del aire que le rodea.

Sensibilidad de los cultivos

El daño producido por las heladas depende de la sensibilidad del cultivo en la congelación en el momento en que se produce. En el caso de los frutales de zonas templadas los daños más importantes se producen en las heladas primaverales que afectan a los órganos de fructificación (yemas, flores y frutos pequeños).

Las temperaturas negativas no producen daños hasta llegar al umbral de la temperatura crítica para cada estadio fenológico del cultivo. Cuando la temperatura desciende por debajo de este umbral los daños aumentan progresivamente con la duración del frío. También aumentan cuanto más rápidamente baja la temperatura y cuando la

temperatura persiste más de 40 a 60 min. Los daños son mayores en períodos largos a temperaturas más altas (por debajo de la temperatura crítica) que períodos cortos (menos de media hora) y repetitivos a temperaturas más bajas.

Otros aspectos como el "endurecimiento " de la planta producido por temperaturas bajas en los días previos a las heladas tienen también un cierto efecto positivo sobre los daños.

La presencia de agua o el tipo de helada no modifica las temperaturas críticas.

Estas temperaturas críticas son determinadas para los diferentes estadios fenológicos y muchas veces se expresan como LT10 o LT90 que son aquellas temperaturas a las que se dañan el 10% y el 90% de los órganos, respectivamente.

Como norma general desde el desbarrado hasta el cuajado de frutos las temperaturas críticas son cada vez más altas, siendo normalmente el momento de máxima sensibilidad el de fruto cuajado pequeño.

En la tabla siguiente (Tabla 1) se hace una recopilación de temperaturas críticas (Tc), LT10 y LT90) determinadas para diversas especies por varios autores.



Figura 2. Esquema de las transferencias de calor latente en los cambios de estado del agua.

Tabla 1. Temperaturas críticas (Tc), temperaturas en las que se observa el 10% de frutos afectados (T10) y temperaturas en las que se observa un 90% de frutos dañado (T90).

Especie/Estadio	B	C	D	E	F	G	H	I
Manzano								
	T _c	-7	-4	-3,5	-2,2	-1,8	-1,6	-1,6
	LT ₁₀		-7,7	-2,8	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2
	LT ₉₀		-12,2	-6,1	-4,4	-3,9	-3,9	-3,9
	T _c		-3	-2,5	-2,2	-1,8	-1,0	-1,0
	LT ₁₀		-4	-2,8	-2,5	-2,2	-1,2	-1,2
LT ₉₀		-9	-6	-4,8	-3,7	-3	-3	
Peral								
	T _c	-7,0	-6,0	-4,5	-2,8	-1,6	-1,5	-1,0
	T _c			-3,9	-3,9	-2,8	-2,2	-1,1
	T ₁₀	-8,5	-7,3	-5,1	-4,3	-3,1	-3,2	-2,7
	T ₉₀	-17,7	-15,4	-12,6	-9,4	-6,4	-6,9	-4,9
								-4
Melocotonero								
	T _c	-4	-4	-3,3	-2,8	-2,2	-1,8	-1
	T _c				-3,9	-2,8		-1,1
	T ₁₀	-7,4	-6,1	-4,8	-4,1	-2,7	-2,5	-2,5
	T ₉₀		-14,2	-9,2	-5,9	-4,9	-3,9	-3,9

(Osaer et al., 1998)	Ciruelo	 B	 C	 D	 E	 F	 G	 H	 I	
		T _c	-5	-4	-3	-2,8	-2	-1,5	-1	-0,5
		T _c				-3,9	-2,2			-1,1
		T ₁₀	-5,0	-7,0	-2,0		-1,5	-1,5	-1,5	-1
(Laquidain et al, 2003). Prunera japonesa		T ₉₀	-17,0	-16,0	-12,0	-7,0	-6,0	-7,0	-3,5	
(Osaer et al., 1998)	Albaricoquero	 B	 C	 D	 E	 F	 G	 H	 I	
		T _c	-4	-4	-3,5	-3	-2,2	-0,8	-0,5	-0,5
		T _c				-3,9	-2,2			-1,1
		(Proebsting and Mills, 1978)	T ₁₀	-6,2	-4,9	-4,3	-4,3	-2,9	-2,6	-2,6
		T ₉₀	-13,8	-10,3	-10,1	-6,4	-4,7	-4,7	-3,3	
(Osaer et al., 1998)	Cerezo	 B	 C	 D	 E	 F	 G	 H	 I	
		T _c	-5	-4,5	-3,5	-2,2	-1,7	-1,1	-1,1	-1
		T _c				-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-1,1
		(Proebsting and Mills, 1978)	T ₁₀	-5,8	-3,7	-3,1	-2,7	-2,7	-2,8	-2,4
		T ₉₀	-13,4	-10,3	-6,2	-4,9	-4,1	-3,9	-3,6	

Sistemas de protección

Podemos diferenciar los sistemas de protección entre sistemas pasivos y activos.

1. Protección pasiva

Son aquellos sistemas, actividades y prácticas que podríamos llamar también “preventivos” y que aplicaríamos antes de que se produjera la helada para intentar minimizar sus efectos si esta se llega a producir.

En este apartado se incluirían las acciones antes de plantar, como pueden ser el estudio de la idoneidad del emplazamiento y la selección de las especies y variedades a plantar o la modificación del paisaje y el microclima para actuar sobre la dinámica de las corrientes del aire frío y las prácticas de cultivo sobre la plantación ya realizada.

Selección del emplazamiento, especies y variedades

La prevención de las heladas comienza en el momento en que se realiza el proyecto de plantación de una determinada especie y variedad.

La presencia e intensidad de las heladas primaverales es uno de los condicionantes más determinantes en la viabilidad económica de las producciones frutales en nuestras condiciones.

Es sabido que los episodios de frío primaverales no tienen un patrón continuidad y que aparecen periódicamente después de varios años. Algunas veces se dan períodos relativamente largos sin que aparezcan grandes heladas que causen afectaciones relevantes en la producción y calidad de las producciones frutales.

Para todas las implicaciones de tipo económico y de manejo que tiene una plantación de cultivos arbóreos que debería tener una vida útil de varias décadas, habría que realizar siempre un estudio previo de los riesgos de helada del área donde se quiere plantar.

Actualmente existen empresas que realizan estudios microclimáticos de riesgo de heladas que permiten determinar a nivel de finca, incluso de pequeñas y medianas dimensiones las zonas con mayor o menor riesgo de helada y las corrientes de drenaje del aire frío¹.

¹ The Climate Box. <https://theclimatebox.com/es/>

Estos estudios se basan en datos de estaciones climáticas (cuanto mayor y más cercana es la red más precisa puede ser la estimación), la topografía del terreno (Modelos Digitales de Elevación) y en modelos de dinámica de fluidos. Para validar el resultado y la definición de zonas de riesgo, es necesario registrar la evolución de las temperaturas sobre el terreno durante un período de tiempo y estudiar su diferencia entre zonas.

Este estudio de diferencial de temperaturas en relación con la topografía realizado mediante registro de temperatura con sensores podría ser una primera aproximación al comportamiento microclimático de la parcela.

De forma general, las zonas más bajas de las zonas en pendiente tendrán una temperatura inferior y mayor riesgo de heladas mientras que las situadas en la parte media de la pendiente. Para especies caducifolias de fruta dulce, la orientación hacia el Sur haría que los cultivos adelantaran la floración en primavera aumentando el riesgo de daños en caso de helada. Aquellas parcelas situadas por encima de obstáculos (paredes, cortavientos, vegetación, construcciones, etc.) que dificulten el drenaje natural del aire frío serán normalmente más frías. El conocimiento de los patrones de temperatura es muy útil también para localizar obstáculos que interfieren en el drenaje del aire frío, la colocación de barreras que puedan desviar las corrientes de aire frío o la óptima localización de sistemas de control de helada basados en el movimiento del aire (Figura 3).

Por otra parte, antes de realizar la plantación y para caracterizar el emplazamiento habría que establecer la probabilidad y el riesgo de daños de helada en base a datos históricos de temperaturas. Hay disponibles también varios programas de cálculo que permiten calcular estos aspectos en una zona determinada². Algunos de estos programas incluyen estudios económicos y de retorno de inversión para distintos sistemas de protección teniendo en cuenta los riesgos de pérdida de producción por helada. Las hojas de cálculo correspondientes se pueden encontrar en varios sitios de internet³.

² Snyder, De Melo-Abreu & Matulich, 2005. Frost Protection: fundamentals, practice, and economics, Vol. II. FAO, United Nations, Rome. aspects of frost protection. <http://www.fao.org/docrep/008/y7231e/y7231e00.html>

³ www.agroorbi.pt/livroagrometeorologia/Programas.html

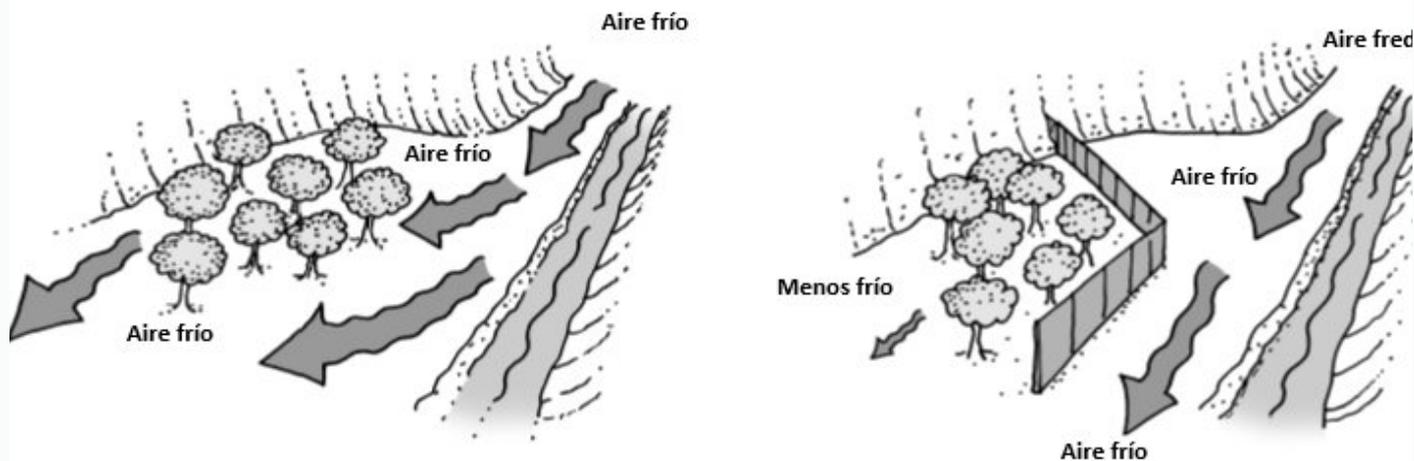


Figura 3. Corrección de drenaje de aire frío con instalación de vallas. Fuente (Snyder & de Melo-Andreu, 2005, 2010).

En la selección del emplazamiento, el tipo de suelo también tiene una incidencia sobre las heladas. Especialmente cuando están secos, los suelos con texturas arenosas transfieren el calor mejor que los arcillosos y mucho mejor que los suelos orgánicos y serían más favorables para evitar el efecto de las heladas.

Prácticas de cultivo

Una vez realizada la plantación existen una serie de actividades y prácticas que tienen un efecto sobre los daños provocados por las heladas y que podrían reducir la necesidad de medidas de lucha activa. En nuestras condiciones algunos de los principales métodos de protección pasiva serían:

1. Correcta nutrición

Desde el punto de vista de las heladas primaverales, una correcta nutrición de los árboles en la campaña anterior, manteniéndolos en vegetación activa el máximo tiempo posible retrasarían la brotación y floración y reducirían el riesgo de heladas.

2. Sistemas de formación y poda

Los sistemas de formación con árboles altos pueden considerarse como un sistema de protección en base a la posibilidad de que una parte de la cosecha, ubicada en las partes más altas se pueda salvar en caso de heladas de radiación. Ésta es una práctica habitual en zonas donde este tipo de heladas es frecuente.

Una poda tardía retrasaría la brotación y floración mientras que una poda muy temprana incidiría en su adelanto y, por tanto, en un aumento del riesgo de daños por helada.

En caso de utilizar sistemas de protección basados en aspersión o microaspersión, los sistemas de formación con estructuras de soporte y poda con ramas no demasiado largas pueden evitar la rotura de ramas en situaciones de mucha producción de hielo.

3. Manejo del suelo

El objetivo de las diversas prácticas sería que el suelo almacenara el máximo de energía en forma de radiación a lo largo del día y que tuviera la máxima capacidad para poder transmitirla por la noche.

El suelo no labrado mejora esta capacidad de almacenamiento y transmisión de calor porque hay menos aire que transmite mal el calor. Igualmente, un contenido de agua de suelo a capacidad de campo en la que no haya agua sobre la superficie es la situación más favorable para la transmisión térmica.

El suelo desnudo sin cobertura de hierba aumenta la absorción de radiación y su transferencia. Cuanto mayor es la altura de la capa herbosa más diferencia de temperatura existe con el suelo desnudo (hasta 2°C con hierba de 5 cm).

La presencia de bacterias en la planta y la vegetación actuarían como núcleos para la creación de hielo y harían que aumentara la temperatura de congelación y, por tanto, el riesgo de daños por helada.

2. Protección activa

Los medios de protección activa son los que se meten en funcionamiento cuando se está produciendo la helada. Existen varios sistemas basados en principios físicos diferentes: aporte de calor suplementario, aprovechamiento del calor latente en el proceso de congelación del agua u homogeneización del aire estratificado a distintas temperaturas.

Predicción de las heladas

Actualmente los sistemas de predicción han evolucionado de forma espectacular y actualmente son diversas las aplicaciones informáticas que dan previsiones meteorológicas con varios días de antelación, lógicamente con menor fiabilidad cuando más alejadas en el tiempo.

A nivel de Cataluña, el servicio meteorológico de Cataluña ofrece un servicio de predicción que se intensifica cuando se prevén episodios de heladas importantes.

Sistemas que aportan calor

Con estos sistemas se busca suministrar calor suficiente para compensar las pérdidas de energía de los cultivos en las situaciones de helada y que las temperaturas no caigan por debajo de los umbrales de daños.

La forma de hacerlo es con estufas de mayor o menor tamaño y capacidad calorífica o con botes de parafina. Pueden ser combinadas con otros sistemas como ventiladores para mejorar su efectividad.

El sistema es más eficiente en algunas situaciones:

- En heladas de radiación con inversión térmica
- Cuantos más puntos de calor con menor temperatura y más repartidos haya.
- Si la inversión térmica es débil y las fuentes de calor son demasiado grandes y con alta temperatura, el aire calentado sube demasiado y la energía se pierde en el aire por encima del cultivo, disminuyendo la eficiencia.
- Los sistemas más eficientes tienen poca llama por encima de la chimenea y no humean
- El humo no ayuda y contamina el medio ambiente
- Cuando se refuerzan los laterales de la parcela

Es posible la combinación con otros sistemas (con ventiladores o en los laterales del sistema de aspersión)

Estufes

Son sistemas caros por la inversión inicial y especialmente en la necesidad de mano de obra para su distribución, encendido y mantenimiento en el momento de la helada. Esto hace complicada su utilización en fincas de media y gran superficie.

Algunas de los modelos de estufa se muestran en la Figura 4 .



Figura 4. Varios modelos de estufas de combustible sólido.

Botes de parafina

En el caso de los botes de parafina sus características principales son:

- Con una capacidad entre 5,5 y 6,5 L que les da una duración de entre 10 y 12 horas
- Habría que utilizar entre 150 y 450 botes por ha para ganar entre 2 y 6 grados
- Se están realizando desarrollos para que generen menos humo y emisiones y que sean utilizables bajo cubierta

El sistema requiere una importante cantidad de mano de obra para repartir, encender y apagar los botes. Su coste es elevado si han de utilizarse en períodos largos y superficies grandes. La gestión de su stock es complicada por el capital a invertir y por la disponibilidad en los momentos críticos (Figura 5).

Estufas móviles

Se trata de estufas montadas sobre chasis para ser arrastradas con tractores por la plantación mientras se está produciendo la helada. Generan aire caliente que se impulsa perpendicularmente a la dirección de avance del tractor utilizando como combustible gas propano o materiales orgánicos (paja, madera, etc.) (Figura 6).

Hay varios modelos con diferente capacidad energética. Las máquinas deberían moverse por las hileras de los árboles cada 20-25 metros con un tiempo de paso máximo de unos 10 minutos.

El movimiento de las máquinas produce aumentos temporales de la temperatura en la zona por donde pasan. Aunque el aumento de la temperatura mínima de la plantación varía poco, estos aumentos temporales de temperatura y el aire caliente suministrado secarían la superficie de las plantas y evitarían su congelación superficial ralentizando la propagación de la helada al interior de los órganos de fructificación.



Figura 5. Utilización de botes de parafina y dos modelos de botes. Fuente: Firefrost (centro) y Stop-gel (derecha).



Figura 6. Diferentes modelos de calefactores móviles.

Ventiladores

Los ventiladores están constituidos por una torre de acero con un ventilador rotatorio en su parte superior con 2 a 5 palas con diámetros de 3 a 6 m que están ligeramente inclinadas hacia abajo (6 -7º) para mejorar su eficacia. Están movidos por un motor, normalmente diésel en nuestras zonas, situado en la base de la torre.

La altura en el suelo suele ser alrededor de 10 – 11 m, y la hélice debería dar una vuelta de 360º entre 3-5 minutos (Figura 7).

Sólo funcionan en situaciones de helada de radiación con elevada inversión térmica (con la capa de inversión situada entre los 5 y los 25 m sobre las plantas) cuando con el movimiento generado mezclan las capas de aire más caliente situadas en la parte superior con el aire más frío de las partes bajas (Figura 1). Este movimiento también sustituiría al aire más frío en contacto con la planta por aire ligeramente más caliente.

El beneficio real depende de la fuerza de la inversión térmica que es la diferencia de temperatura en altura (por ejemplo, a 15 m) y la temperatura a la altura de las plantas (1,5 m) y según diferentes autores la ganancia de temperatura estaría entre el 30% y el 50% de esa diferencia. También hay que tener en cuenta que el efecto sobre la temperatura disminuye con la distancia a la torre.

Comercialmente se afirma que pueden tener una cobertura entre 3 y 7 ha en función del diseño y la potencia y, por tanto, en superficies grandes habría que instalar varios de forma que se solapase su acción para conseguir una mayor eficacia.

Los ventiladores, como máximo, deberían ponerse en marcha cuando la temperatura del aire alcanza los 0 °C, pero en caso de que las plantas estuvieran mojadas habría que hacerlo avance para intentar secarlas antes de que se forme hielo sobre el fruto. Los ventiladores deberían estar funcionando cuando se alcanza la temperatura crítica de daño.

Con una velocidad del viento superior a los 2,5 m/s (8 km/h), el sistema no aporta ninguna mejora e incluso podrían producirse daños en la hélice. Por tanto, no debe ponerse en marcha en estas condiciones.

El ruido es un problema importante en zonas cercanas a núcleos habitados. Con los modelos de más de 2 aspas el efecto del ruido es menor.

Ventiladores móviles

Se basan en el mismo principio que las torres fijas pero tienen una menor potencia y cubren una superficie más pequeña. Pueden ser desplazados entre parcelas o cuando no se utilizan lo que les da más versatilidad y menos impacto paisajístico (Figura 8).

Presentan las mismas limitaciones de funcionamiento que los sistemas estáticos.



Figura 7. Parcela de melocotoneros protegida con ventilador.



Figura 8. Varios sistemas de ventiladores móviles. Tour-antigel (Izquierda y centro). Tow and blow (derecha).

Sistemas SIS (Selected inverted Sink)

Es un método desarrollado en Uruguay que consiste en un ventilador en posición horizontal que toma el aire más frío de las partes bajas y lo impulsa en vertical fuera de la zona de influencia de las plantas (Figura 9).

Funcionaría únicamente en heladas de radiación y principalmente en parcelas situadas en la parte baja de topografías en forma de pequeños valles o cubetas donde el aire frío volvería a bajar de forma natural y el sistema mantendría esta circulación.

El objetivo es proteger de las heladas con menor inversión y consumo de energía. Comercialmente, existen dos tipos de modelos (15 y 50 CV) aunque con el tiempo se han hecho versiones muy diferentes en cuanto a diámetros y potencias (Figura 10).

Sistemas basados en el aporte de agua

Estos sistemas se basan en el aporte de calor latente que se produce en el momento en que el agua se hiela (Figura 2). Para conseguirlo es necesario aportar agua en cantidad y en frecuencia suficiente para mantener una cantidad de hielo fundente sobre las plantas y el suelo de forma que la temperatura se pueda mantener por encima de la temperatura crítica que producirá daños en los cultivos.

Son los sistemas que ofrecen la máxima protección en las diversas condiciones de helada siempre que se cumplan las condiciones adecuadas en su diseño, mantenimiento y funcionamiento.

Para que funcionen correctamente, es necesario disponer de una fuente de agua fiable en cantidad y calidad y el diseño, mantenimiento y manejo (momento de arranque y parada) deben ser cuidadosos.

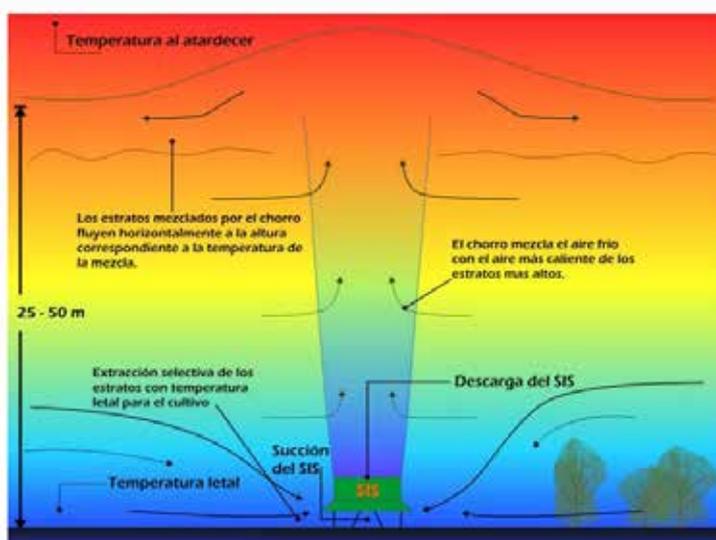


Figura 9. Funcionamiento teórico del sistema SIS. Fuente: FrostProtection.com



Figura 10. Modelos de sistemas SIS. Izquierda Uruguay (Fuente: <http://www.produccionnacional.com.uy/frost-protection/>) Derecha: España (Fuente: SATGarden Controlheladas).

1. Aspersión por encima de los árboles

Las características más habituales de este sistema son (Figura 11):

- Protección hasta -7°C con caudales y uniformidad óptimas
- Caudal de aplicación: alrededor de 4 mm/hora (40.000 L/ha y hora)
- Marcos de aspersión normales 15 x 15 a 18 x 15 o similares.
- Uniformidad de aplicación básica para asegurar una correcta protección de toda la parcela
- Presión de trabajo: 4-4,5 bar

Como ventajas principales existe su capacidad de protección frente a los diversos tipos de heladas, la facilidad de automatización y la no afectación al medio ambiente ni al entorno.

Sus principales limitaciones son la necesidad de disponer de agua en caso de necesitar el sistema 2 o más noches consecutivas que puede provocar la acumulación de agua al sol con posibilidad de asfixia radicular, la rotura de ramas por el peso del hielo y la necesidad de revisión y mantenimiento esmerado previamente a la aparición de la helada.

Igualmente, en caso de tenerlas que utilizar en el momento de la floración de las especies de frutales (especialmente de hueso) pueden provocar el lavado del polen y una pérdida de cuajado considerable.



Figura 11. Instalación de riego por aspersión en melocotoneros (arriba). Modelos de aspersor específicos para aspersión antihelada en material plástico (izquierda) y metálico (derecha).

2. Microaspersión sobre árboles

Funciona con las mismas bases que la aspersión convencional pero intentando localizar el agua aplicada sobre las hileras de los árboles o incluso sobre los árboles individualmente. La pluviometría que se considera más eficaz por la protección es la que cae sobre los árboles.

Las características más habituales del sistema son:

- Caudal: 1,5-3 mm/h (15-30.000 L/ha y hora)
- Requiere una filtración más intensa que en la aspersión convencional
- Debido a la escasa dimensión de los conductos hay que arrancar siempre por encima del 0° para evitar que se hiele el sistema
- El sistema debería vaciarse después de cada riego

3. Microaspersión pulsante sobre árboles

Se busca reducir el consumo de agua intentando mantener la eficacia de la protección utilizando sistemas que provoquen una pulsación en la aplicación del agua (Figura 12).

Utilizan un caudal de alrededor de 1-1'5 mm/h de agua para su manejo se deben seguir las mismas consignas que para el sistema de microaspersión convencional.

4. Aspersió/microaspersió per sota d'arbres

Consiste en la instalación de un sistema de aspersión o microaspersión por debajo de la copa de los árboles. En este caso se busca mantener la temperatura del suelo en torno a los 0°C para aumentar indirectamente la temperatura del ambiente. El potencial de defensa contra heladas sería inferior respecto al sistema situado sobre los árboles, pero tendría otras ventajas como la no rotura de ramas, el no lavado del polen en algunas especies o la posibilidad de utilizarlo en combinación con cubiertas o mallas.

Monitoreig dels sistemes amb aportació d'aigua

Para el correcto manejo de estos sistemas en cuanto al arranque y parada es imprescindible disponer de termómetros de bulbo húmedo o psicrómetros que indiquen la temperatura del bulbo húmedo y no sólo la temperatura del aire de forma que se tenga en cuenta el efecto de la evaporación del agua en condiciones distintas a la saturación (Figura 13).

En el riego por aspersión y microaspersión las temperaturas de referencia deben ser las proporcionadas por el termómetro de bulbo húmedo. Esta temperatura será muy similar a la de los órganos a proteger en el momento de iniciar el riego.



Figura 12. Instalación de un sistema de microaspersión pulsante. Izquierda. Derecha dos modelos de microaspersores con sistema pulsante.



Figura 13. Psicrómetro (Izquierda). Termómetro húmedo de lectura electrónica.

Consideraciones finales

Una buena protección contra las heladas comienza desde el momento en que se plantea el proyecto de una plantación.

El estudio de las probabilidades de helada y riesgo de daños en la zona junto con un estudio microclimático de la parcela es imprescindible para no sufrir importantes descalabros imprevistos.

Las condiciones en las que se producen las heladas son muy variables entre los diversos episodios y también a lo largo de la noche donde se produce la helada. El desarrollo de sistemas de predicción y toma de decisiones a una escala más local tendrá cada vez más importancia.

Todos los sistemas pueden tener su utilidad en determinadas circunstancias, aunque si se dispone de agua suficiente y presión para su aplicación, el sistema de defensa por aspersión es el que da más posibilidades de cobertura en las diversas condiciones de helada.

Con el desarrollo y expansión de las redes antipiedra y las cubiertas antilluvia habrá que estudiar también su comportamiento como sistemas de protección contra las heladas, bien de forma individual o en combinación con otros sistemas como estufas estáticas o móviles o sistemas de aspersión bajo árboles.

¿Han funcionado correctamente los sistemas de aspersión esta primavera?

Carlos Faro y Miquel Peris, IRTA - Programa fruticultura

Los primeros días del mes de abril de este año, en la zona frutícola de Lleida, hemos tenido la helada de mayor importancia (en extensión e intensidad) de los últimos 30 años. De forma estructural, casi cada año en la zona tenemos heladas de menor extensión e intensidad, situadas en puntos de históricos complicados, donde normalmente ya se tienen a punto los sistemas de protección, los cuales suelen funcionar de manera correcta.

Uno de los sistemas de protección contra heladas más utilizados es la aplicación de agua sobre los árboles (aspersión, y en menor medida, microaspersión). Su utilización en nuestra zona comienza en los años 70, y se ha ido extendiendo

su uso, demostrando que con un buen manejo y dimensionamiento tiene una alta eficacia.

Sin embargo, la sensación general de este año ha sido que no ha ido lo bien que se esperaba, muchas fincas protegidas con estos métodos han quedado con cosechas bajas. Entonces, ¿qué ha pasado? ¿Es un sistema que históricamente ha ido muy bien, que ha cambiado? Ante todo, debemos analizar qué helada hemos tenido.

En las figura 1 se mostraremos la evolución de las temperaturas mínimas en Cataluña durante los días 2, 3, 4 y 5 de abril (fuente: Servei Meteorològic de Catalunya):

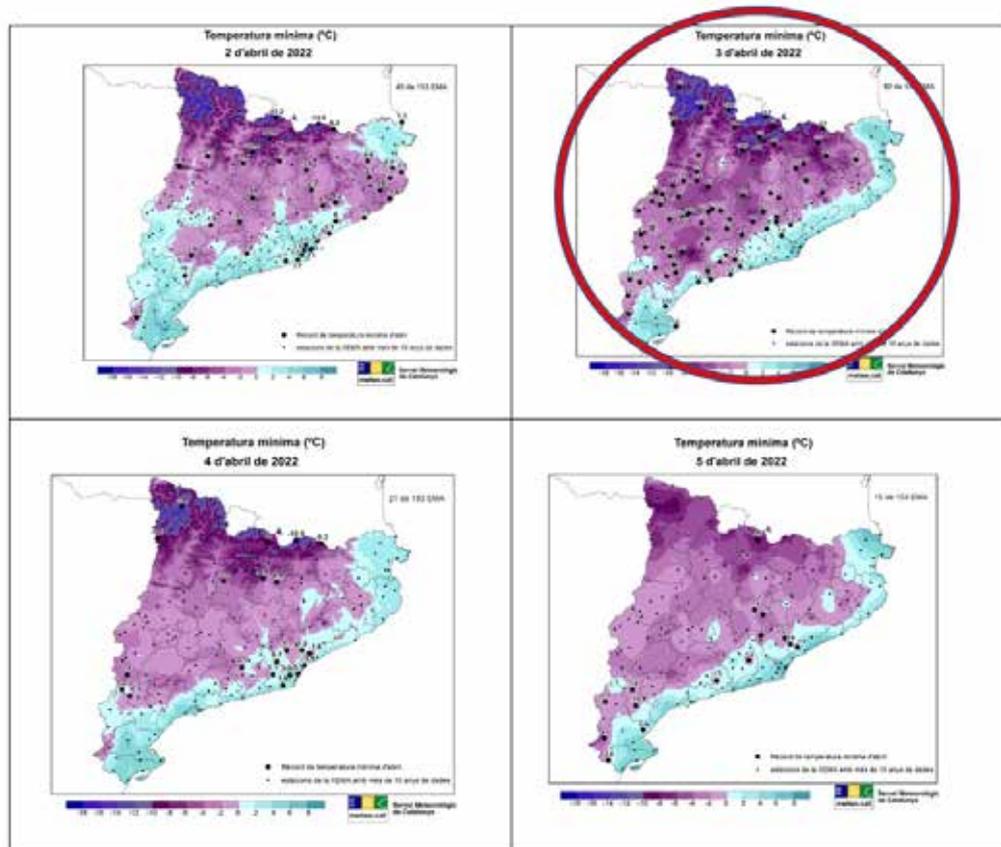


Figura 1. Evolución de las temperaturas mínimas en Cataluña del 2 al 5 de abril.

Los datos de los mapas son de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA). Sabemos que las heladas, y las temperaturas mínimas alcanzadas, dependen mucho de la situación concreta de la finca, e incluso de temas de manejo (estado del suelo, riegos...). Sin embargo, estas imágenes dan una excelente idea de cómo fue la evolución de los días de helada. El día más crítico, tanto por las

temperaturas mínimas como por la duración de la helada, fue el 3 de abril (helada de la noche del 2 al 3 de abril, de sábado a domingo).

Si tomamos cuatro estaciones de Lleida: Alfarràs, Gimènells, Mollerussa y Alcarràs, que están situadas en zonas frutícolas, éstas son las temperaturas (t^a del termómetro seco y t^a del termómetro húmedo) durante los días críticos:

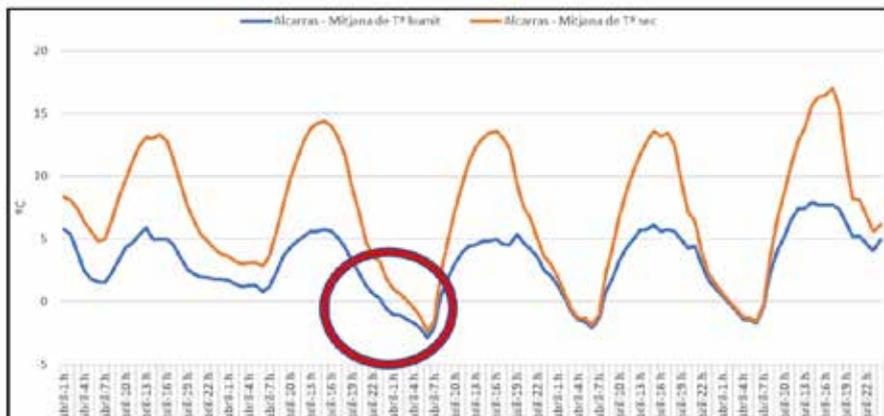


Figura 2. Evolución de la t^a del termómetro seco y de la t^a del termómetro húmedo del 1 al 5 de abril en Alcarràs.

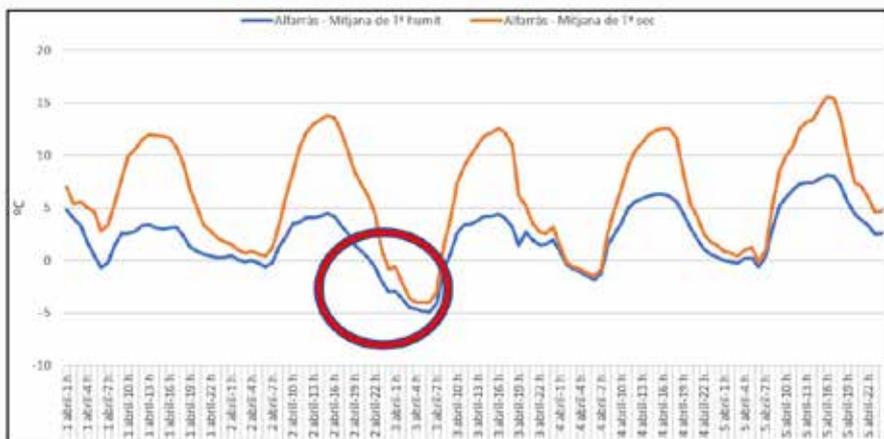


Figura 3. Evolución de la t^a del termómetro seco y de la t^a del termómetro húmedo del 1 al 5 de abril en Alfarràs.



Figura 4. Evolución de la t^a del termómetro seco y de la t^a del termómetro húmedo del 1 al 5 de abril en Gimènells.



Figura 5. Evolución de la tª del termómetro seco y de la tª del termómetro húmedo del 1 al 5 de abril en Mollerussa.

Por lo general, la temperatura mínima de la madrugada del día 3, como hemos visto en los mapas del Servicio Meteorológico de Cataluña, es la más baja, pero lo que vemos en las figuras 2, 3, 4 y 5, es que en esta noche, además, hubo una diferencia importante entre el termómetro seco y el húmedo, indicando que tuvimos una helada “negra”, dicho de otro modo, estuvo helando con una humedad ambiental inferior al 100% (Figura 9), sin que hubiera rocío ni escarcha.

En la figura 6 se aprecia que la noche del 1 al 2 de abril fue la que tuvo una menor humedad relativa (HR). En esta noche, como se ve en la figura 9, el viento no aflojó, y las temperaturas no descendieron en exceso. En cambio, de las 3 noches restantes, la noche del 2 al 3 tuvo la humedad relativa más baja, y aflojando el viento (figura 9), las temperaturas bajaron mucho.

¿Qué implicaciones tiene esto? En sistemas de protección de heladas mediante aplicación de agua, el termómetro húmedo da la temperatura de los órganos vegetativos a proteger cuando empezamos a mojarlos. Por ejemplo, si en Alfarràs hubiéramos puesto en marcha un sistema de riego por aspersión cuando el termómetro seco hubiera marcado 0°C, la temperatura de los órganos a proteger (que es lo que nos marca el termómetro húmedo), habría sido de -2,5°C (figura 7).

Y no solo esto, sino que siguiendo con el ejemplo de puesta en marcha del riego que hemos visto anteriormente, en el período posterior a la puesta en marcha, hasta que no se sature la atmosfera y las calorías ganadas mediante la congelación del agua superen a las perdidas por evaporación, la temperatura no remontará (figura 8).

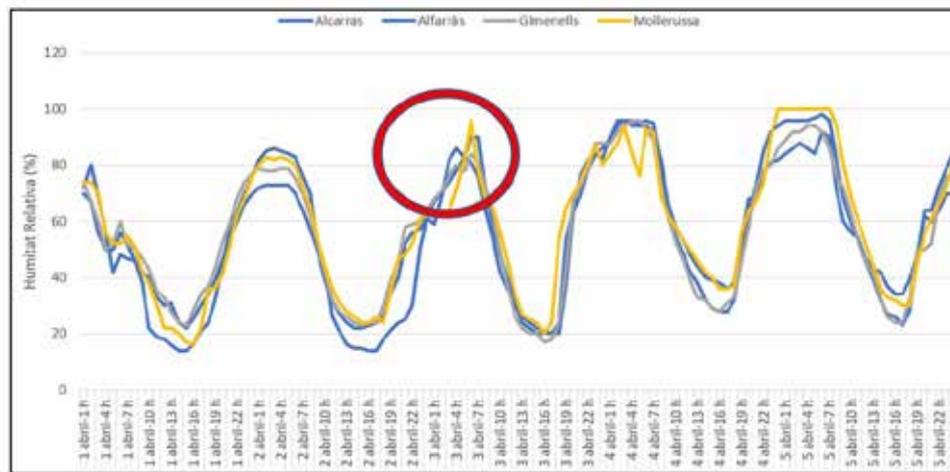


Figura 6. Evolución de la Humedad Relativa en las estaciones meteorológicas de Alcarràs, Alfarràs, Gimènells y Mollerussa, del 1 al 5 de abril.



Figura 7. Evolución de las temperaturas del termómetro seco y húmedo en Alfarràs, del 1 al 5 de abril.

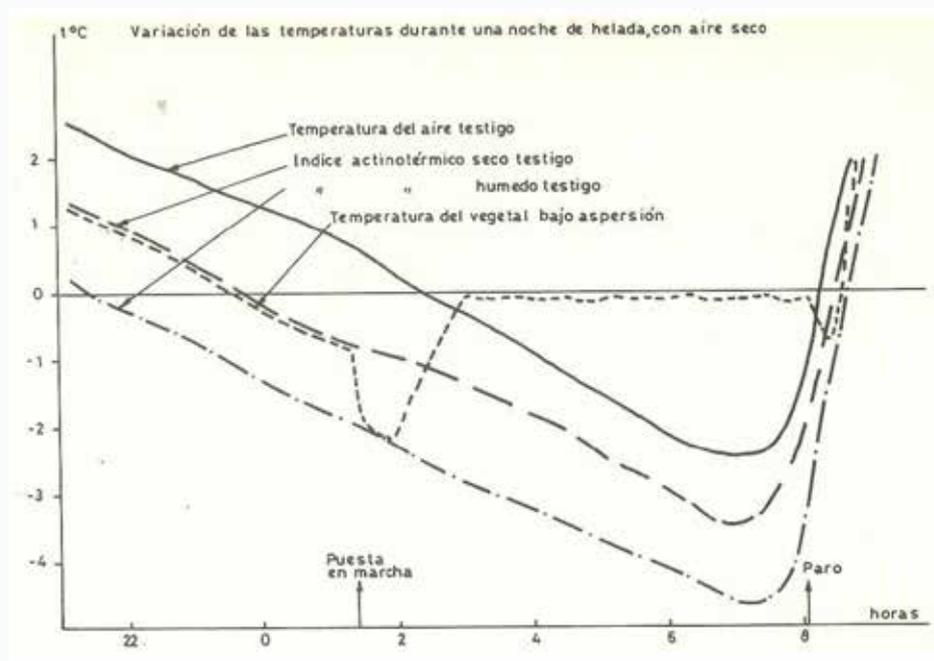


Figura 8. Evolución de la temperatura en una helada negra. Fuente: "Lutte contre les gelées"-INVULFLEC

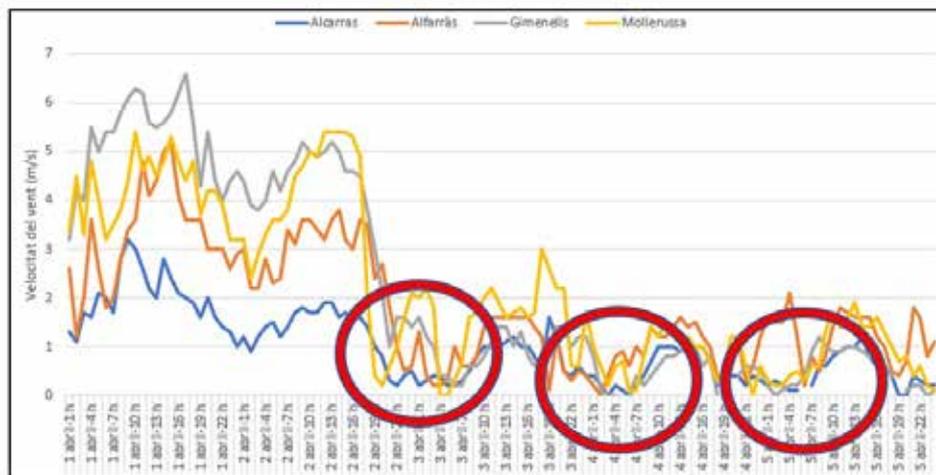


Figura 9. Evolución de la Velocidad del viento en las estaciones meteorológicas de Alcarràs, Alfarràs, Gimènells y Mollerussa, del 1 al 5 de abril.

Este efecto es más o menos acentuado según el caudal de agua que podamos aplicar al cultivo. De esta forma, sistemas con caudales de agua más altos son menos sensibles a este efecto que otros con caudales más bajos.

En las noches donde tuvimos las temperaturas más bajas, el viento aflojó mucho (figura 9). Si bien no se observa una ausencia total de viento, si está en unos niveles (por debajo de los 2 m/s), que hacen viable el sistema de defensa mediante la aplicación de agua en la planta. Este viento, aunque de poca intensidad, favoreció la diferencia entre el termómetro seco y el húmedo, algo que hemos visto antes.

Volumen de agua necesaria para la protección

En la protección mediante la aplicación de agua sobre la planta, dos factores esenciales de diseños son:

- Volumen de agua aplicada por superficie y unidad de tiempo.
- Cómo se aplica el agua sobre la parcela a proteger.

Necesidades de caudales con riego por aspersion:

La rotación de los aspersores es un factor importante. Cuanto más deprisa den la vuelta, mejor protección. En todo caso, el tiempo de rotación ha de estar siempre por debajo de los 60 segundos, y es mejor si están próximos a los 30 segundos.

En el caso de los microaspersores, o microaspersores pulsados, la caída de agua encima de los árboles se continúa. Para el volumen necesario para la protección, tomaremos los datos de la figura 10.

En muchos casos, los sistemas de microaspersión no dan una cobertura homogénea en toda la parcela, intentando concentrar el agua sobre las copas de los árboles. Las pluviometrías de protección efectiva serán las que caigan en la zona de proyección de los árboles.

Conclusiones

Hemos llevado a cabo un proceso de recogida de datos de unas 100 parcelas donde se ha llevado a cabo algún tipo de riego antihelada, principalmente en el Segrià, pero también en el Pla d'Urgell y La Noguera. Se ha hablado con los propietarios, recogiendo datos como el tipo de sistema utilizado, presiones utilizadas, boquillas, temperaturas mínimas registradas, criterios de inicio de la defensa, etc.

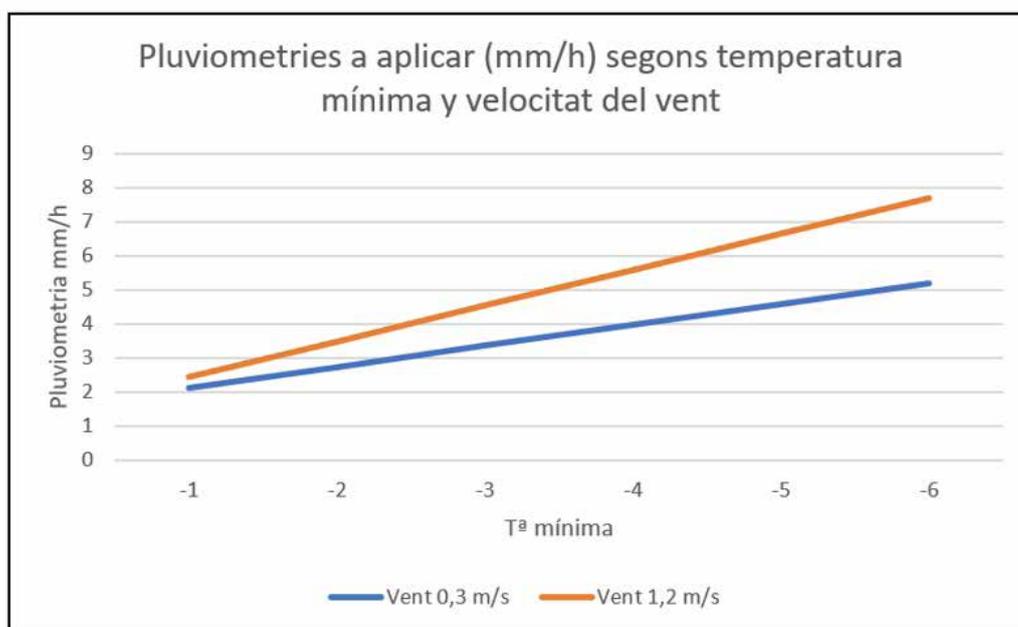


Figura 10. Necesidades de agua a aplicar según las temperaturas mínimas a cubrir y la velocidad del viento. (Snyder, RL, De Melo-Abreu, JP 2005, 2010). .Vol. I. FAO, Roma, 241 pp. ISBN 9789253065042)

Una vez valoradas las condiciones de las diferentes parcelas estudiadas, y el manejo de los sistemas de protección en las noches de las heladas, en relación al éxito en la protección de la cosecha, podemos concluir que los sistemas de lucha contra heladas en base en la aportación de agua funcionan bien y son una muy buena herramienta, pero, con el tipo de helada que tuvimos, en muchas explotaciones se pudieron dar situaciones que hicieron que la protección no fuera suficientemente satisfactoria. De manera principal podríamos citar:

- El no empezar la lucha con suficiente antelación, principalmente debido a la no utilización de termómetros húmedos.

- Sobre todo, en zonas donde se alcanzaron mínimas muy bajas, si la instalación no estaba dimensionada para cubrir las condiciones de la helada (marco de los emisores, boquillas, presión de trabajo), el giro de los aspersores fue demasiado lento, o pudieron aparecer fenómenos de viento, se pudo llegar al límite de la eficacia del sistema.

- Otros factores que han influido en determinadas parcelas:

- o Carecer de reserva de agua suficiente para cubrir el episodio de helada.

- o En el caso de comunidades de regantes, problemas en la dotación de agua, debido a la simultaneidad en el consumo de agua.

- o Fallo mecánico del sistema de bombeo.

Queremos agradecer la colaboración de todos los productores y técnicos que amablemente nos han atendido y han compartido con nosotros su experiencia en los días de la helada.

Razones por las que los sistemas de riego por aspersión pueden fallar

José Paulo De Melo-Abreu, ISA, Universidade de Lisboa (jubilado), Experto-coordinador do Focus Group Frost damage (2018), EIP-AGRI, Comisión Europea.

Protección o no protección y elección del método

Hay dos pasos iniciales que deberían realizarse antes de elegir un método de protección contra heladas:

En primer lugar evaluar si se necesita o es posible la protección contra heladas. En el volumen II del libro de la FAO (Snyder, de Melo Abreu & Matulich, 2005, 2010), hay una calculadora, DEST, diseñada a calcular el daño esperado por heladas y el rendimiento de los cultivos condicionado por estas heladas. Compara la situación de los cultivos sin protección contra heladas respecto a la utilización de hasta 11 métodos diferentes de protección. Como datos climáticos utiliza hasta 50 años de datos de temperatura máxima y mínima específicos

de la zona y las temperaturas críticas asociadas al 90% (T90) y 10% (T10) de daño correspondientes a fechas fenológicas específicas.

En base a las estadísticas de daños por heladas en la situación de no protección y protección con los métodos contemplados, el programa genera una indicación de si es necesario o posible proteger. Además, también se muestra la selección de métodos que eventualmente hacen posible esa protección, así como las estadísticas productivas y económicas relacionadas con los daños previsibles. Las Figuras 1 a 4 muestran un ejemplo del análisis con DEST y los resultados obtenidos (hay que tener en cuenta que los precios no están actualizados).

DEST es un programa VBA que calcula la probabilidad de los daños esperados causados por las heladas para un cultivo y localización determinada. Después de responder a las preguntas siguientes pulse el botón "Completar Paso 1 de 3".

a. Información sobre los datos meteorológicos de los que dispone:

a.1 Localización: Latitud: grados

a.2 Altura de medida: metros

a.3 ¿De cuantos años de medidas dispone?: años

b. Información sobre protección contra las heladas:

Sección evaluada los métodos siguientes de protección contra las heladas:
 Fricción: tratamientos de suelo (1); coberturas de mulch/hojas (2); las tolas (3); gestión de la zona (4); otros (5).
 Atrio: estufas (6); ventiladores y helioplásticos (7); Aspersores por encima de la cubierta (8); Aspersores por debajo de la cubierta (9); combinaciones (10); otros (11)

La tabla siguiente muestra la protección máxima por defecto en °C por cada uno de los métodos alternativos usados individualmente. El usuario puede cambiar los niveles de protección por defecto basados en condiciones locales únicas y la aplicación particular. Los métodos 5, 10 y 11 deben ser definidos por el usuario si usa distintos de cero.

Método	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Protección (°C)	1	2	2	1	0	3	2	6	1.5	0	0

c. ¿Número del cultivo/variedad?:

¿Altura del cultivo?: metros

¿Número de plantas/ha?: árboles

¿Tipo de planta?:
 Anual (1); Perenne (edad menor de 4 años) (2); edad entre 4 y 10 años (3); más de 10 años (4)

¿Producción esperada sin helada?: t/ha **Obligatorio introducir producción esperada**

¿% tipos de paguinas frías aclaradas (sic helada)? %

d. ¿Evocar todas las entradas previas? Y/N

Figura 1. Ejemplo de entradas en la hoja 'Start here' (DEST).

Después de introducir los datos meteorológicos, pulsar el botón "Completar paso 2 de 3"

Completar Paso 2 de 3

Especifique la temperatura máxima en la primera columna y la temperatura mínima en la segunda, debajo del año correspondiente a los datos meteorológicos y luego introduzca el año al principio de estas columnas. Asegúrese de introducir los datos durante los periodos relevantes del año por heladas. Deje las casillas en blanco si le faltan datos. Puede entrar hasta 50 años de datos.

Año Bisiesto	Año Normal	Año		Año		Año		Año		Año		
Fecha	Fecha	Día del año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
			1960	1961	1962	1963	1964					
01-ene	01-ene	1	8,0	-2,3	12,0	2,0	17,6	7,6	18,0	8,0	11,0	1,0
02-ene	02-ene	2	9,0	-1,1	8,0	-2,0	17,5	7,5	13,0	3,0	9,0	-1,0
03-ene	03-ene	3	9,0	-1,0	9,0	-1,0	17,2	7,2	10,0	0,0	9,0	-1,0
04-ene	04-ene	4	10,0	0,2	9,0	-1,0	17,5	7,5	5,2	-4,8	11,0	1,0
05-ene	05-ene	5	10,2	0,3	11,0	1,0	12,0	2,0	6,0	-4,0	11,0	1,0
06-ene	06-ene	6	9,0	-1,0	8,0	-2,0	13,0	3,0	7,0	-2,5	10,0	0,0
07-ene	07-ene	7	9,1	-1,7	7,0	-2,5	17,0	7,0	11,0	1,0	9,0	-1,0
08-ene	08-ene	8	10,4	0,4	19,0	9,0	16,0	6,0	9,0	-1,0	9,5	-0,5
09-ene	09-ene	9	13,0	3,0	19,0	9,0	13,5	3,5	8,3	-1,7	11,5	1,5
10-ene	10-ene	10	13,0	3,0	14,5	4,5	12,0	2,0	6,0	-4,0	13,8	3,8

Figura 2. Ejemplo de entrada de temperaturas mínimas y máximas para la hoja 'Weather' (DEST).

El programa interpola entre T₁₀ y T₉₀ y entre fechas de desarrollo

Introduzca en la tabla siguiente los datos de desarrollo y sus correspondientes T₁₀ y T₉₀

Para ver los resultados una vez rellenada la tabla, pulsar "Completar Paso 3 de 3".

Completar Paso 3 de 3

Location: Rick's Farm

Cultivo: Manzana 'Golden Delicious'

	estadio 1	estadio 2	estadio 3	estadio 4	estadio 5	estadio 6	estadio 7	estadio 8	estadio 9	estadio 10	estadio 11	estadio 12
Estado de Desarrollo	Ojiva marrón - Yema invernal	Yema hinchada	Yema bicoloreada	Aparición del corimbo floral	Pétalos visibles (puntas rojas)	Comienzo de la floración (1-2 flores abiertas)	Plena floración (70% de flores abiertas)	Caída de pétalos	Último estadio			
Día del año	46	51	60	65	74	77	84	90	121			
T ₉₀ (°C)	-18,2	-16,3	-12,3	-8,5	-6,5	-4,5	-5,3	-3,0	-3,0			
T ₁₀ (°C)	-12,5	-8,1	-6,2	-4,5	-3,4	-2,9	-3,5	-1,9	-1,9			
Entrar Fecha (p.ej. 7-Abr)	15-feb	20-feb	29-feb	05-mar	14-mar	17-mar	24-mar	30-mar	30-abr			

Figura 3. Ejemplo de datos de T₉₀ y de T₁₀ en las fechas de los estadios fenológicos críticos en la hoja 'Crop' (DEST).

Protección	Daño		Rendimiento		Pérdida Producción		Beneficio Producción		Núm. Heladas/Año		Núm. Horas/Helada	
	Promedio (%)	Dev. Est. (%)	Promedio (t/ha)	Dev. Est. (t/ha)	Promedio (t/ha)	Dev. Est. (t/ha)	Promedio (t/ha)	Dev. Est. (t/ha)	Promedio (h)	Dev. Est. (h)	Promedio (h)	Dev. Est. (h)
Sin Método	43,9	41,9	16,9	11,0	8,1	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	5,1	2,4
Método 1	24,1	30,4	22,4	6,1	2,6	5,5	8,4					
Método 2	9,5	21,2	24,0	4,6	1,0	7,2	10,4					
Método 3	9,5	21,2	24,0	4,6	1,0	7,2	10,4					
Método 4	24,1	30,4	22,4	6,1	2,6	5,5	8,4					
Método 5	43,9	41,9	16,9	11,0	8,1	0,0	0,0					
Método 6	5,3	19,8	24,2	4,6	0,8	7,3	10,6					
Método 7	9,5	21,2	24,0	4,6	1,0	7,2	10,4					
Método 8	2,4	11,2	24,8	1,0	0,2	7,9	10,7					
Método 9	14,6	24,5	23,8	4,7	1,2	6,9	10,0					
Método 10	43,9	41,9	16,9	11,0	8,1	0,0	0,0					
Método 11	43,9	41,9	16,9	11,0	8,1	0,0	0,0					
Perfecto	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	8,1	0,0					

Tabla de Producción Comercial Anual >>>
se encuentra a la derecha de la barra negra >>>

Fracción de pérdida potencial de la producción por daños causados por las heladas, con y sin protección.
No se han tenido en cuenta los requerimientos de aclareo de la variedad.

Fraction of crop damage without and with protection. Thinning requirement of the variety not taken into account

Year	Without	Method 1	Method 2	Method 3	Method 4	Method 5	Method 6	Method 7	Method 8	Method 9	Method 10	Method 11
1960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1961	0,94	0,75	0,58	0,58	0,75	0,94	0,46	0,58	0,12	0,65	0,94	0,94
1962	0,57	0,12	0,00	0,00	0,12	0,57	0,00	0,00	0,00	0,02	0,57	0,57
1963	1,00	0,83	0,26	0,26	0,83	1,00	0,00	0,26	0,00	0,57	1,00	1,00
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1965	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,61	1,00	1,00	1,00
1966	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25
1967	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	0,18	0,07	0,03	0,03	0,07	0,18	0,00	0,03	0,00	0,05	0,18	0,18
1969	0,96	0,65	0,16	0,16	0,65	0,96	0,00	0,16	0,00	0,39	0,96	0,96
1970	0,53	0,09	0,00	0,00	0,09	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,53
1971	1,00	0,58	0,02	0,02	0,58	1,00	0,00	0,02	0,00	0,16	1,00	1,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,75	0,37	0,10	0,10	0,37	0,75	0,01	0,10	0,00	0,21	0,75	0,75
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975	1,00	0,75	0,30	0,30	0,75	1,00	0,01	0,30	0,00	0,53	1,00	1,00

Figura 4. Ejemplo de la hoja 'RESULTS' (DEST) que muestra las medias y desviaciones típicas del porcentaje de daño y del rendimiento para los 11 métodos de protección respecto a la situación sin protección.

En el caso de que exista uno o más métodos que permitan físicamente la protección, es posible realizar un análisis de costo beneficio comparativo entre estos métodos. FrostEcon es el programa disponible en el libro II de la FAO que hace este análisis y permite seleccionar el mejor método de protección, desde una perspectiva económica. En realidad, el programa DEST es un submodelo

de FrostEcon, basado en las mismas entradas y entrega algunos de los resultados a este programa. Las Figuras 5 a 7 muestran algunas de las pantallas de FrostEcon. La tabla 1 muestra algunos de los resultados de este ejemplo (los precios son de 2005 y no se han actualizado).

Datos de Inicialización

Leyenda

<input type="text"/>	Entrada de Usuario (no necesario)	<input type="text"/>	Vinculado (bloqueado)
<input type="text"/>	Defecto (bloqueo)	<input type="text"/>	Cálculos totales (bloqueado)
<input type="text"/>	Entrada de Usuario Requerida		

Por favor, introduzca los datos siguientes para inicializar el análisis económico de protección contra las heladas. Se requieren tres tipos de datos: información general, número y duración de heladas e información financiera. Una vez que se haya introducido todos los datos necesarios, pulse el botón "Continuar" que se encuentra al final de ésta hoja. Ésto le llevará de forma automática al paso siguiente.

Información General

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del Agricultor	Rick
Nombre del Cultivo	Manzanos 'Golden Delicious'
Fecha del análisis (dd-mm-aa)	11/jan/04
Superficie Total de la Explotación a Proteger	10.0
Expectativa de rendimiento/ha sin heladas (toneladas/ha)	25
% Típico de fruto pequeño aclarado (sin helada)?	50
Latitud de la Explotación (grados)	45

Numero y duración de heladas por año

Hay dos formas de introducir estos datos. Si dispone de al menos 20 años de temperaturas mínimas y máximas, utilice el calculador de daño por helada para determinar la media estadística del número de heladas y de la desviación típica. Este calculador también genera daños por helada estimados y debe ser utilizado si tiene la intención de llevar a cabo un análisis económico de riesgos. El método alternativo es para estimar el número medio de heladas por año y su duración media.

Si dispone de al menos 20 años de datos de temperaturas mínimas y máximas, pulse el botón "Calculador" que se encuentra a la derecha para poder rellenar las 4 siguientes celdas.

Promedio de heladas por año (días)	2.1
Desviación típica de las heladas por año (días)	1.9
Duración media de las heladas (h)	5.5
Desviación típica de las heladas (h)	2.4

Si NO dispone de al menos 20 años de datos de temperaturas mínimas y máximas, calcule el número medio de heladas y su duración media.

Media de las Heladas calculadas por año (días)	
Duración media de las heladas calculada (h)	

Figura 5 . Sección de la hoja de inicialización (FrostEcon).

Con el programa se pueden analizar nueve tecnologías de protección contra las heladas. Introduzca una X en el recuadro junto al método de protección para seleccionar alguno de ellos o todos. Los valores indicativos de protección pueden encontrarse en el libro adjunto. Cuando haya finalizado, pulse el botón "Continuar" en la parte inferior de la hoja para acceder automáticamente al siguiente paso

<input checked="" type="checkbox"/>	Estufas de Fuel Sólido
<input type="checkbox"/>	Estufas de Fuel Líquido
<input checked="" type="checkbox"/>	Aspersores
<input type="checkbox"/>	Ventiladores Eléctricos
<input type="checkbox"/>	Ventiladores Eléctricos con Estufas de Fuel Líquido
<input type="checkbox"/>	Ventiladores Eléctricos con Aspersores
<input checked="" type="checkbox"/>	Ventiladores de Combustión Interna (CI)
<input type="checkbox"/>	Ventiladores de Combustión Interna (CI) con Estufas de Fuel Líquido
<input type="checkbox"/>	Ventiladores de Combustión Interna (CI) con Aspersores

Figura 6. Full 'TechSelect' (FrostEcon).

Protección contra las Heladas con Aspersores

Datos de Inicialización

Leyenda

- Entrada de Usuario (no necesariamente obligatorio)
- Por Defecto (bloqueo)
- Entrada de Usuario Requerida
- Vinculado (bloqueo)
- Cálculo Total: (bloqueo)

Nombre de la Explotación:
Nombre del agricultor:
Cultivo perenne (nombre):
Fecha del Análisis: (dd/mm/aa):
Área Total de la Explotación a Proteger (ha):
Número Promedio de Heladas por año:
Duración Media de las Heladas (h):
Símbolo de la Divisa (por defecto \$):
Tipo de Cambio de Divisa a EUS:

DATOS ESPECÍFICOS DE LOS ASPERSORES

Potencia Total del Sistema de Bombeo (kW):
Protección del método (°C):

Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto \$/unidad	Valor Conocido \$/unidad	Por Defecto unidades	Valor Conocido unidades	\$
a. Equipo de Protección					
Tubos principal	8.20		999		8180
Tubos Secundaria	1.50		40.00		60.00
Accesorios de los Tubos			28.56		38.56
Aspersores	18.00		240		4320
Reguladores del caudal	20.00		240		4800
Otros accesorios:					
Zanja	2.00		49.00		98.00
b. Planta de Bombeo					
Coste de la Bomba		90.00		2	1800.00
Accesorios:		90.00			90.00
c. Instalación					
Instalación del Sistema	9458.40		1		9458
d. Inversión de riego					
Componente de riego		12000	1		-12000
e. Equipo de Seguimiento					
Alarma de Helada	170.00		1		170
Termómetro de Mínimas	16.00		2		32
f. Otros Conceptos (Opcionales)					
Otros Unidades:					
Costes de Adquisición del Equipo					57716
Estimación de la vida del Equipo (años):					<input type="text" value="15"/>

Figura 7. Sección de la hoja de presupuesto para los aspersores (FrostEcon).

Tabla 1. Métodos eficaces para alcanzar una protección mínima en función de la temperatura, ordenados por los costes anualizados después de impuestos.

Protección mínima (°C)	Protección real (°C)	Método de protección contra las heladas	VP anual dels costos després d'impostos
1°C	2	ICFan	3788 \$
	6	Aspersors	4 787 \$
2°C	4	SolidFuelHeaters	29 772 \$
	2	ICFan	3788 \$
3°C	6	Aspersors	4 787 \$
	4	SolidFuelHeaters	29 772 \$
4°C	6	Aspersors	4 787 \$
	4	SolidFuelHeaters	29 772 \$
5°C	6	Aspersors	4 787 \$

CLAU: ICFan = ventilador amb motor de combustió interna. SolidFuelHeaters = Estufes de combustible sòlid.

El riego por aspersión para protección contra heladas es uno de los métodos que confiere mayor protección. Por ejemplo, un sistema de aspersores convencionales sobre la planta puede brindar una protección de hasta 7°C. Por esta razón, este sistema es probablemente preseleccionado por DEST y elegido por FrostEcon en la mayoría de los análisis. De todas formas, la instalación debe cumplir otros requisitos no siempre posibles:

Es probable que el método falle cuando se producen heladas de viento (advectivas). Este tipo de heladas se caracteriza por velocidades de viento superiores a 3 m s⁻¹, cielos con algo de nubosidad y baja humedad relativa. Bajo estas condiciones, el uso de riego por aspersión no es efectivo, a menos que se proporcionen tasas de aplicación inaceptables. Además, el viento desvía los chorros de agua, lo que da como resultado una distribución heterogénea del agua.

Una protección exitosa requiere que el proyecto, la instalación, la cantidad y calidad del agua sean adecuados. Los sistemas de previsión y seguimiento y la gestión de la operación también deben funcionar bien.

Proyecto y instalación

El proyecto y la instalación deben garantizar:

1. La adecuación del método a la especie/variedad de los árboles a proteger
2. Una cantidad y calidad del agua aceptables
3. Rotación de los aspersores y tasas de aplicación de agua adecuadas
4. Uniformidad de la aplicación
5. Posicionamiento adecuado de la tubería y aspersores
6. Tipo adecuado de aspersores
7. Ausencia de interrupciones del funcionamiento de la instalación durante la noche de protección contra heladas.

Adecuación del método a la especie/cultivar de los árboles

Hay dos puntos principales a considerar:

- Durante la protección contra heladas por aspersión, se forman grandes cantidades de hielo y, la mayor parte, se suspende en las partes

aéreas del árbol. Si el peso del hielo es excesivo, las ramas se rompen. Las plantas bajas y árboles caducifolios, con ramas flexibles, tienden a sufrir menos daños debido a la carga de hielo. Sin embargo, algunos árboles de frutas de hueso tienen ramas débiles (p. ej., almendros) y pueden sufrir daños considerables. Los árboles de hoja perenne, a saber, los cítricos y los aguacates, tienden a sufrir más daños a medida que las copas crecen, la densidad del área foliar aumenta y las ramas pierden flexibilidad. En cualquier caso, se pueden aplicar técnicas de poda para atenuar estos problemas.

- Algunas especies/cultivares pueden ser propensos a desarrollar enfermedades de las raíces debido a la acumulación de agua que puede seguir una o más noches de protección contra heladas por aspersión. Por ejemplo, las pudriciones de la raíz y la corona son enfermedades que afectan con frecuencia a las frutas de hueso sujetas a encharcamientos.

Cantidad y calidad del agua

La cantidad de agua requerida para proteger a los árboles de los daños por heladas, usando riego por aspersión de cobertura total, es muy alta. El uso de agua en cada episodio es alto y, en muchos lugares con heladas, puede haber múltiples episodios durante la temporada de cultivo. Por ejemplo, considerando una plantación de manzanos adultos que en un lugar determinado requiere, en promedio, tres noches de protección durante ocho horas con una tasa de aplicación de 4 mm/h, la cantidad total de agua necesaria sería:

$$\text{Agua requerida} = 4 \text{ mm} \times 8 \text{ h} \times 3 \text{ d} = 96 \text{ mm} = 960 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

La calidad del agua también es importante para evitar la obstrucción de los aspersores y/o daños a las plantas.

Los sistemas dirigidos, por lo general, permiten un ahorro de agua de 30 % a 60 %. Sin embargo, el consumo sigue siendo alto.

Conclusión: Para la protección contra heladas mediante riego por aspersión debe disponerse de grandes cantidades de agua.

Tasa de rotación y aplicación

Aspersores convencionales

Los sistemas de aspersión convencionales, para proteger las plantas de las heladas, han sido vistos favorablemente por científicos y agricultores. Véase, por ejemplo, el testimonio de un fruticultor polaco en <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/inspirational-ideas-sprinkler-systems-protection>.

La velocidad de rotación debe ser tal que el agua en las superficies no tenga tiempo de congelarse completamente entre pasadas consecutivas del chorro. Estos sistemas de cobertura total deben tener un ciclo de rotación inferior a un minuto, siendo mejor un ciclo de alrededor de 30 segundos.

La tasa de aplicación de agua depende del crecimiento y disposición de la vegetación, la temperatura mínima alcanzada en el peor de los casos, la velocidad del viento y la humedad del aire. Se ha desarrollado una ecuación simple que permite prever la tasa de aplicación (R_A) en términos de velocidad del viento (u) en $m\ s^{-1}$ y temperatura del aire (T_a) en $^{\circ}C$ (Snyder & De Melo-Abreu, 2005, 2010):

$$R_A = (T_a - 1,447 u^{-0,442}) (0,0645 u^2 - 0,5788 u - 0,4473) \text{ [mm h}^{-1}\text{]} \text{ (Ecuación 1)}$$

Se debe agregar una cantidad adicional de agua a esta tasa de aplicación para garantizar una buena humectación de las hojas: Esta cantidad adicional varía aproximadamente desde $0\ mm\ h^{-1}$, para sistemas de aspersión con cobertura uniforme, rotación de los aspersores alrededor de 30 s y sobre una copa con baja densidad de área foliar, hasta $2,0\ mm\ h^{-1}$, para copas con cobertura de aspersión menos uniforme, rotaciones más largas y/o follaje denso. Esta ecuación empírica no debe utilizarse para velocidades del viento inferiores a $0,3\ m\ s^{-1}$ o superiores a $3\ m\ s^{-1}$. Cuando la velocidad del viento es inferior al valor mínimo se utilizará $0,3\ m\ s^{-1}$ en la ecuación.

Aspersores dirigidos (microaspersores)

En los sistemas convencionales, gran parte del agua aplicada cae al suelo y el beneficio aportado a la protección es escaso y de tipo indirecto.

Una alternativa que permite aplicaciones con menor cantidad de agua es usar sistemas de aplicación dirigidos a las plantas o hileras de plantas. El método tiene sentido y se ha utilizado durante algunas décadas. Un refinamiento añadido consiste en aplicar el agua de forma pulsada con el objetivo de mantener una tasa de aplicación baja y producir gotas más grandes. Esta característica dificulta el arrastre de las gotas de agua por el viento y reduce la posibilidad de congelación de los chorros en el trayecto entre los microaspersores y las plantas, que puede ocurrir cuando las gotas son pequeñas.

La tasa de aplicación de cualquier tipo de microaspersor, incluso los pulsantes, nunca podrá ser inferior, aproximadamente, a la calculada por la Ecuación 1 multiplicada por la fracción de suelo cubierta por las plantas. ¡La Física no lo permite!

Tomemos como ejemplo una plantación joven, formada en seto, que cubre el 35% del suelo. Así, si la tasa de aplicación, en un sistema convencional de cobertura total, que cubra todo el terreno uniformemente es de $5\ mm/h$, la tasa de aplicación en el caso del sistema de chorro dirigido, no puede ser menor de $1,75\ mm/h$. Véase también Sasoni (2017). Esto sería posible siempre que el sistema de aplicación fuera capaz de concentrar toda el agua en la zona ocupada por los árboles.

Otros requerimientos

A pesar de la solución técnica elegida (microaspersores convencionales-cobertura total, dirigidos o de banda), la aplicación de agua en la cubierta debe ser mucho más uniforme que la necesaria para el riego. El coeficiente de uniformidad debe ser superior al 80%. Esto implica que deben ser apropiados el espaciado y la localización de la tubería y de los aspersores, las presiones del agua deben ser uniformes en todo el bloque y el tipo de aspersores deben ser apropiados.

El agua dentro de tubos delgados que no están aislados puede congelarse, lo que puede perturbar el funcionamiento normal de la instalación o dañarla.

La mayoría de las instalaciones requieren que los emisores de agua se solapen para lograr la deseada uniformidad de la aplicación. Los aspersores convencionales que no cuentan con protección del

mecanismo y del muelle que hace el giro pueden dejar de girar por acumulación de hielo en estas partes. Los aspersores para protección contra heladas deben tener una protección, generalmente una cápsula de rígida, que evite este problema.

A veces, como todas las máquinas, las bombas fallan. En este caso, en una noche que se requiera la protección, es probable que los daños sean severos. En general, es peor interrumpir la protección que no proteger en absoluto, y es frecuente que se pierda toda la cosecha.

La explicación es simple y tiene que ver con la evaporación en la superficie de las plantas. La temperatura de bulbo húmedo (T_w), que es una buena estimación de la temperatura superficial de los órganos húmedos de las plantas, es frecuentemente más baja que la temperatura del aire o incluso que la temperatura de las superficies secas, en una noche de helada de radiación. Por tanto, la interrupción del riego impide amortiguar la temperatura mediante el calor latente de la congelación del agua y la temperatura de las plantas acaba siendo la T_w , que es inferior a la temperatura que tendrían las mismas superficies vegetales si estuvieran secas. La solución es tener una bomba de repuesto lista para reemplazar la bomba principal de inmediato.

Fallo en el pronóstico del tiempo

El pronóstico del tiempo se realiza a dos niveles:

1. Sinóptico:

Los pronósticos emitidos por el Servicio Meteorológico de Catalunya (SMC) u otros servicios similares son esenciales. Estas instituciones cuentan con muchos medios: datos de observación de redes meteorológicas, equipos de procesamiento y modelos de simulación para realizar los pronósticos. En general, emiten, entre otros elementos, previsiones regionales de temperaturas mínimas (T_n , °C) y velocidad del viento, y avisos de posible aparición de heladas en el día actual o en los siguientes. Son muy útiles y, por lo general, bastante fiables.

2. Local:

Los pronósticos emitidos por el Servicios meteorológicos deben complementarse con pronósticos locales adaptados por agrometeorólogos o productores con suficiente experiencia.

El método más simple para hacer un pronóstico de T_n para una localización determinada (A) consiste en calcular empíricamente una corrección (es decir, un valor para restar o sumar) a la temperatura pronosticada por el SMC para otra ubicación (B). Por ejemplo, si en la localidad B la previsión de es -1 °C y sabemos que la corrección es 2 °C, entonces la previsión de T_n en la localidad A sería -3 °C.

Un modelo simple para predecir T_n , desarrollado localmente, puede ser de gran ayuda. Siempre desarrollamos y confiamos en estos modelos para que nos den una indicación de si debemos o no acostarnos en una noche determinada, o estar alerta en caso de una operación de protección contra heladas. En el Vol. II del libro de la FAO sobre protección contra heladas incluimos una aplicación simple (FFST) que calcula los parámetros de dicho modelo para cualquier localización, una vez que se proporcionan algunos datos meteorológicos locales históricos a la aplicación. En Catalunya se han usado algunos sistemas de predicción similares. El modelo incluso se implementó en un psicrometro.

Conclusión: Si falla el pronóstico de heladas, no hay protección y se producen daños o se pierden horas de descanso para nada.

Sistema de monitoreo

Un buen sistema de monitoreo para este uso necesita medir la temperatura del aire, la humedad y la velocidad del viento. El intervalo de medición debe ser inferior a 10 minutos. En una plantación, la temperatura del aire debe medirse al menos a una altura de aproximadamente $2/3$ de la altura de los árboles. La humedad y la velocidad del viento pueden medirse fuera de la plantación en un solo nivel.

En terreno plano homogéneo, el número de puntos de medición puede ser bajo, pero en terreno heterogéneo, este número ha de ser mayor y han de estar situados en las zonas generalmente más

frías (por ejemplo, lugares más bajos donde el aire frío tiende a acumularse). El sensor que mide la temperatura del aire debe estar abrigado. Se puede tener otro termómetro (por ejemplo, termopar o PRT) que no esté abrigado, con el propósito de ser sometido a enfriamiento radiativo, por lo tanto, con una temperatura que sea más representativa de las hojas o botones florales. Si se dispone de termómetro de bulbo húmedo o un psicrómetro la determinación de la temperatura para la arrancada y el paro del sistema de aspersión se realiza directamente.

Una alarma puede estar presente para alertar al productor cuando la temperatura se acerque a la temperatura crítica de daño (T_c).

Conclusión: Monitoreo inadecuado puede resultar en daños graves

Manejo

El manejo correcto del cultivo y del sistema de protección contra heladas son fundamentales para evitar daños. En este apartado centraremos nuestra atención en las últimas acciones.

¿Cuándo iniciar y detener la protección?

La protección sólo se iniciará si es muy probable que la instalación tenga capacidad para proteger el cultivo frente a este tipo de heladas, durante toda la noche, y para las condiciones más desfavorables

previstas para la helada durante esta noche. Si esto no sucede y la humedad está muy por debajo de la saturación, es preferible no iniciar la operación, de lo contrario el daño puede ser aún mayor.

En teoría, el riego por aspersión sobre la planta debería comenzar cuando la temperatura del bulbo húmedo (T_w) es igual a la temperatura crítica (T_c) más una tolerancia (de, por ejemplo, 1°C).

La Figura 8 muestra el curso temporal de la temperatura del aire (T_a), la temperatura de bulbo húmedo (T_w), la temperatura del punto de rocío (T_d) y la velocidad del viento (u) durante noches típicas de helada por radiación. La Figura 8 (a) muestra el caso de una "helada blanca" y la Figura 8 (b) de una "helada negra". La velocidad del viento se midió a 3 m sobre el suelo, mientras que la temperatura y la humedad se midieron a 1,5 m sobre el suelo.

Durante las noches de heladas de radiación, los órganos de fructificación de las plantas, como las flores o pequeños frutos, expuestos al cielo frío tienden a tener temperaturas en los tejidos unas pocas décimas de grado inferiores a la T_a . Esta diferencia tiende a cero cuando la velocidad del viento es superior a 1 m/s. La diferencia máxima para las hojas secas expuestas es mayor (p. ej., 3°C) y la diferencia de temperatura de las yemas es aproximadamente la mitad de esta diferencia. Los órganos húmedos y pequeños cuando el aire no está saturado de vapor de agua son más fríos que la temperatura del aire. La diferencia $T_a - T_w$ disminuye

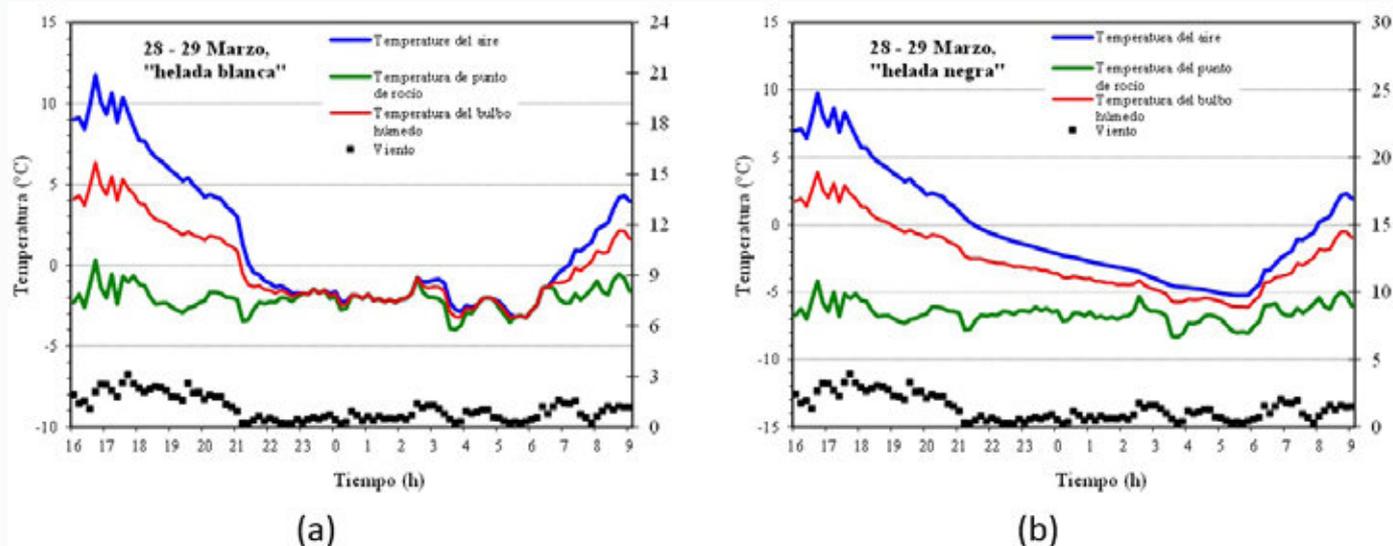


Figura 8. Evolución temporal de la temperatura del aire, la temperatura de bulbo húmedo, la temperatura del punto de rocío y la velocidad del viento durante noches típicas de heladas por radiación. (a) caso: "helada blanca" (noreste de Portugal); (b) caso: "helada negra" (ejemplo hipotético). La velocidad del viento se midió a 3 m sobre el suelo, mientras que la temperatura y la humedad se midieron a 1,5 m sobre el suelo.

a medida que aumenta la humedad del aire.

En la Figura 8, las líneas azules representan T_a , las líneas rojas representan T_w y las líneas verdes representan T_d . Antes de la noche helada todas estas cantidades son distintas y $T_a > T_w > T_d$. Si en algún momento de la noche la humedad relativa del aire es del 100%, estas tres cantidades coinciden (es decir, $T_a = T_w = T_d$). Después del amanecer, las tres cantidades son divergentes (es decir, $T_a > T_w > T_d$).

Hay que tener en cuenta que en condiciones que dan lugar a una "helada blanca", durante la mayor parte de la noche, la diferencia entre T_a y T_w es bastante pequeña o inexistente. Por el contrario, durante una "helada negra", esta diferencia es grande. Por lo tanto, en este último caso, usar T_a como guía para la protección de los frutos probablemente sea un error costoso. ¡Dos o tres grados pueden ser la diferencia entre un daño mínimo y una pérdida total de la cosecha!

En general, la protección debe continuar durante toda la noche hasta algún tiempo después del amanecer. Hay que tener en cuenta que la temperatura mínima, en general, ocurre entre 30 minutos y 1 hora después del amanecer. El criterio de parada, teóricamente, debería ser cuando la T_w sea igual a la T_c más una tolerancia (por ejemplo, 1°C). Sin embargo, en la práctica, si la salida del sol aún no se ha producido, es aconsejable esperar hasta tener la certeza de que no habrá una nueva disminución de T_w hasta valores inferiores a T_c .

Por lo tanto, a menos que haya un cambio claro de las condiciones climáticas, es mejor parar la instalación solo después del amanecer y cuando la T_w es superior a la T_c .

Gestión de operaciones

La temperatura de fusión del hielo es de 0°C . En una noche de protección con riego por aspersión, tan pronto como toda el agua se congela, la temperatura comienza a descender por debajo del punto de congelación. Por lo tanto, el agua debe continuar humedeciendo la superficie de los órganos de la planta en todo momento. Cuando la tasa de aplicación satisface este requisito, el hielo que se forma es claro y algo de agua está en estado líquido en la superficie. Las tasas insuficientes se pueden detectar observando el hielo: si el hielo

tiene un aspecto blanco lechoso, como la escarcha, significa que se necesita más agua para humedecer las superficies. Hasta cierto punto, esto se puede lograr aumentando la presión de funcionamiento.

Incluso los sistemas automatizados necesitan una vigilancia constante durante la noche de las heladas, ya que muchas cosas pueden salir mal y deben repararse. Los problemas más comunes que surgen son agua que se congela en tubos delgados, bombas que se detienen, rociadores que se obstruyen o dejan de girar, fugas de agua y pérdidas de presión de agua.

Nota final

Los sistemas dirigidos parecen ser eficientes, especialmente los pulsantes, pero se han señalado algunos problemas: 1) cuando hay algo de viento, la uniformidad parece verse más afectada que en los sistemas convencionales; y 2) cuando la temperatura es más baja ($< 4^\circ$ o 5°C), se forma hielo sobre los cabezales y paran de girar. Esto obliga a reorientarlos manualmente. Véase, por ejemplo, un artículo de un experto de una conocida empresa sobre la aspersión a chorro dirigido y las soluciones técnicas que indican (Sasoni, 2017).

Lo ideal sería tener un sistema de chorro dirigido con una tasa de aplicación variable. Esto permitiría regar únicamente las plantas (y no el espacio de terreno entre ellas) y adaptar la tasa de aplicación a las condiciones reinantes en cada momento. Estos sistemas aún no han alcanzado la etapa de aplicación práctica.

El libro de la FAO (Vol. I y II) proporciona toda la información necesaria sobre este método y todos los demás métodos disponibles para la protección contra heladas. Adicionalmente, en el sitio web de mi libro sobre Agrometeorología, pueden encontrar (en portugués), un programa simple para ayudar a calcular todas las variables auxiliares que se necesitan en el contexto de la protección contra heladas (CalculadorAgromet) y una recopilación de los programas dedicados a diversos aspectos mencionados en los citados volúmenes. El enlace es: www.agroorbi.pt/livroagrometeorologia/Programas.html

Reconocimiento

Quiero agradecer a los colegas de IRTA la excelente contribución en la adaptación del texto original y correcciones lingüísticas de la versión catalana y española de este artículo.

Referències

Sasoni, E. 2017. Innovations in frost protection. IRRIGAZETTE 163, p. 11-17.

Snyder, R. L., De Melo-Abreu, J. P. 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Vol. I. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 241 pp. ISBN 9789253065042

Snyder, R. L., De Melo-Abreu, J. P., Matulich, S. 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Vol. II. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 68 pp. ISBN 9789253065042

Snyder, R. L., De Melo-Abreu, J. P. 2005. Frost Protection: Fundamentals, Practice and Economics. Vol. I. United Nations, Food and Agriculture Organization, Rome, 223 pp. ISBN 9251053286.

Snyder, R. L., De Melo-Abreu, J. P., Matulich, S. 2005. Frost Protection: Fundamentals, Practice and Economics. Vol. II. United Nations, Food and Agriculture Organization, Rome, 64 pp. ISBN 9251053294.



Instituto
de Investigación y Tecnología
Agroalimentarias

IRTA - Programa de Fruticultura
Fruitcentre - Parque Científico y Tecnológico Agroalimentario de
Lleida
Parque de Gardeny, (25003) Lleida

Espónsor

