
Les Borges Blanques, 22 septiembre 2022

XIV JORNADA DEL ALMENDRO

IRTA^R

Instituto
de Investigación y Tecnología
Agroalimentarias



Diputació de Lleida

La força dels municipis



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

Con el apoyo de



Patrocinadores



ÍNDICE

	Página
Uso de nuevas tecnologías para el ahorro de agua en diferentes modelos productivos. <i>Dr. Joaquim Bellvert, programa uso eficiente del agua, IRTA</i>	6
Almendra <i>hidroSO</i>stenible: mejora de la calidad del grano mediante el uso eficiente del agua de riego. <i>Dra. Leontina Lipan, Universidad Miguel Hernández - IRTA</i>	12
El inicio del fin de la mancha obre como enfermedad clave. <i>Sra. Laura Torguet, programa Fructicultura IRTA</i>	23
Intensia, nuevo portainjerto IRTA. <i>Dr. Xavier Miarnau, programa Fructicultura IRTA</i>	32

PROGRAMA

9.30 h	Validación inscripciones y apertura de estands obertura estands
9.50 h	Bienvenida jornada. Inicio Jornada el catalán
10.00 h	Uso de nuevas tecnologías para el ahorro de agua en diferentes modelos productivos Dr. Joaquim Bellvert, investigador del programa uso eficiente de agua del IRTA.
10.15 h	Mejora de la calidad del grano mediante el uso eficiente del agua de riego. Dr. Leontina Lipan, investigadora UMH-IRTA
10.30 h	El inicio del fin de la mancha obre como enfermedad clave Sra. Laura Torguet, técnica especialista del programa de fructicultura del IRTA.
10.45 h	Intensia, nuevo portainjerto IRTA Dr. Xavier Miarnau, investigador especialista del programa de fructicultura del IRTA.



Ultra-Prom[®]

Aceite de parafina 54,6 % p/v
Nº Registro Fitosanitario: ES- 00054

- ✓ **Control total de pulgón**
- ✓ **Efecto sinérgico**
- ✓ **Sin residuos ni plazo de seguridad**

 **Lo tenemos bajo
biocontrol[®]**

agrichem[®]
— A ROVENSA COMPANY —

Uso de las nuevas tecnologías para el ahorro de agua en distintos modelos productivos

Dr. Joaquim Bellvert, programa uso eficiente del riego IRTA

INTRODUCCIÓN

En el actual escenario de cambio climático, donde cada vez los períodos de sequía serán más abundantes e intensos, es necesario implementar modelos productivos más eficientes en el uso del agua. En este sentido, la elección de variedades y portainjertos más tolerantes al déficit hídrico, a altas temperaturas y factores limitantes del suelo es clave para mantener la alta productividad del almendro en escenarios climáticos extremos.

Los programas de mejora vegetal de diferentes centros de investigación/universidades han estado estudiando durante muchos años la respuesta productiva de nuevas variedades, portainjertos, y su compatibilidad en diferentes climas y tipos de suelos. Cabe añadir que la combinación variedad/patrón, unido al sistema de formación y a su correspondiente marco de plantación, constituyen el principal componente del rendimiento del almendro. En términos generales, cuanta más agua utilicen (transpiren) los cultivos, mayores rendimientos se obtendrán.

Pero dependiendo del modelo productivo, para un determinado nivel de transpiración pueden obtenerse distintos rendimientos. Esto se define como productividad del agua (PA), siendo la ratio entre rendimiento (Kg grano) y agua transpirada (mm). Sin embargo, en un escenario de falta de recursos hídricos, lo que intentamos buscar es aumentar la PA obteniendo modelos productivos capaces de producir el mismo o más, pero utilizando menos agua (menor transpiración).

Lo cierto es que apenas hay estudios que hayan evaluado la eficiencia y productividad del agua en diferentes modelos productivos formados por la interacción portainjerto, variedad y sistema de formación. Uno de los principales motivos radica

en la dificultad que existe en medir o estimar el agua que utilizan (transpiran). Sin embargo, en los últimos años, los usos de las nuevas tecnologías basadas en la teledetección están cambiando el paradigma y se están utilizando para fenotipar de forma rápida y eficiente diferentes atributos de la vegetación (Araus y Kefauver 2018). Aunque hay muchos estudios sobre esta temática, la mayoría se han aplicado en cultivos anuales como el trigo, cebada o maíz (Kefauver y otros 2015, Jimenez-Berni y otros 2018, Gómez-Candon et al. 2021), pero son escasos los estudios que se han realizado en cultivos leñosos.

En el IRTA, estamos utilizando estas tecnologías para obtener la eficiencia y productividad del agua de diferentes modelos productivos de almendro formados por diferentes portainjertos, variedades y sistemas de formación. En este artículo recogemos algunos ejemplos.

Evaluación de la productividad del agua en diferentes portainjertos

El objetivo de este estudio fue determinar las diferencias en la evapotranspiración (ET) de la variedad Marinada injertada sobre una colección de 10 portainjertos, en la medida en que se agotaban los recursos hídricos del suelo. En este estudio, se adquirieron imágenes térmicas y multispectrales desde un dron en distintas fechas de los años 2018 y 2019 (Figura 1A). La información de estas imágenes, permitió estimar las diferentes propiedades biofísicas y estructurales de la vegetación (p.e. índice de área foliar, volumen de copa o altura de los árboles), además de la evapotranspiración real y nivel de estrés hídrico de los árboles.

Estas últimas estimaciones se obtuvieron utilizando un modelo de balance de energía

llamado Two-Source Energy Balance (TSEB) (Norman y otros 1995). En cada vuelo, además, se midió el potencial hídrico de tallo en los diferentes portainjertos. Éste es un indicador del estado hídrico del árbol y se podría definir como la fuerza que debe hacer un árbol para extraer agua del suelo. Cada portainjerto tenía tres tratamientos de riego (100% ETc, el cual se regó al 100% de sus necesidades hídricas; 50% ETc, el cual se regó al 50% de sus necesidades

la cual explica que la evapotranspiración tiende a disminuir en la medida en que los Ψ tallo son más negativos. Un comportamiento similar se ve con el índice de estrés hídrico, que sugiere que aquellos portainjertos que evapotranspiran menos, también están más estresados. Claramente, Rootpac® R y Rootpac® 20 se identifican como los portainjertos más sensibles al estrés hídrico y con menor capacidad transpiratoria. Esto puede deberse a que ambos

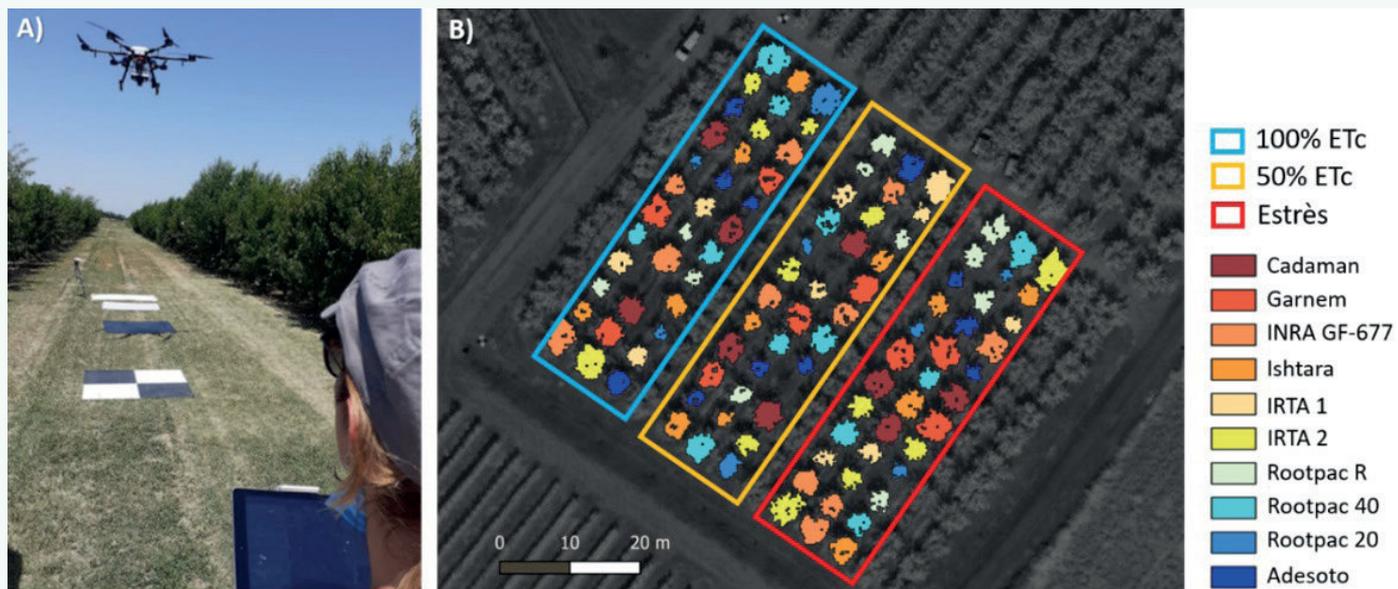


Figura 1. A) Imagen del dron sobrevolando la parcela donde estaba la colección de portainjertos (Borges Blanques, Lleida), y B) Mosaico adquirido con la cámara multispectral, donde se muestra la distribución de los almendros con diferentes portainjertos y tratamientos de riego.

hídricas, y estrés, el cual se regó cortando el riego unos 30 días antes de la adquisición de las imágenes aerotransportadas) y tres repeticiones (Figura 1B).

Avaluación de portainjertos

Entre los portainjertos evaluados, Cadaman® y Garnem® son los que presentaron un mayor volumen de copa e índice de área foliar (LAI), seguidos de INRA GF-677. Por otro lado, Rootpac® R mostró los volúmenes de copa más bajos. Entre IRTA 1, IRTA 2, Ishtara, Rootpac® 20, Rootpac® 40 y Adesoto no hubo diferencias significativas.

La relación entre los valores de evapotranspiración y potencial hídrico de tallo promedio de todos los vuelos realizados, muestran una relación significativa ($R^2=0.68$),

portainjertos se caracterizan por ser un ciruelo (*Prunus cerasifera*) uno de los padres, el cual provoca una incompatibilidad ‘localizada’ en cruces entre almendro y ciruelo, al igual que se ha descrito por otras especies (Treutter y Feuch, 1991).

Se ha observado también que los valores del potencial hídrico de tallo de estos dos portainjertos son más negativos que los demás, posiblemente debido a una menor capacidad de absorción de agua por parte del sistema radicular, debido a que es menor en comparación a otros portainjertos. Por otro lado, Cadaman® y Garnem® tienen los valores d’evapotranspiración y el potencial hídrico de tallo más elevados, a pesar haber sido también sometidos a restricciones hídricas en el tratamiento I0.

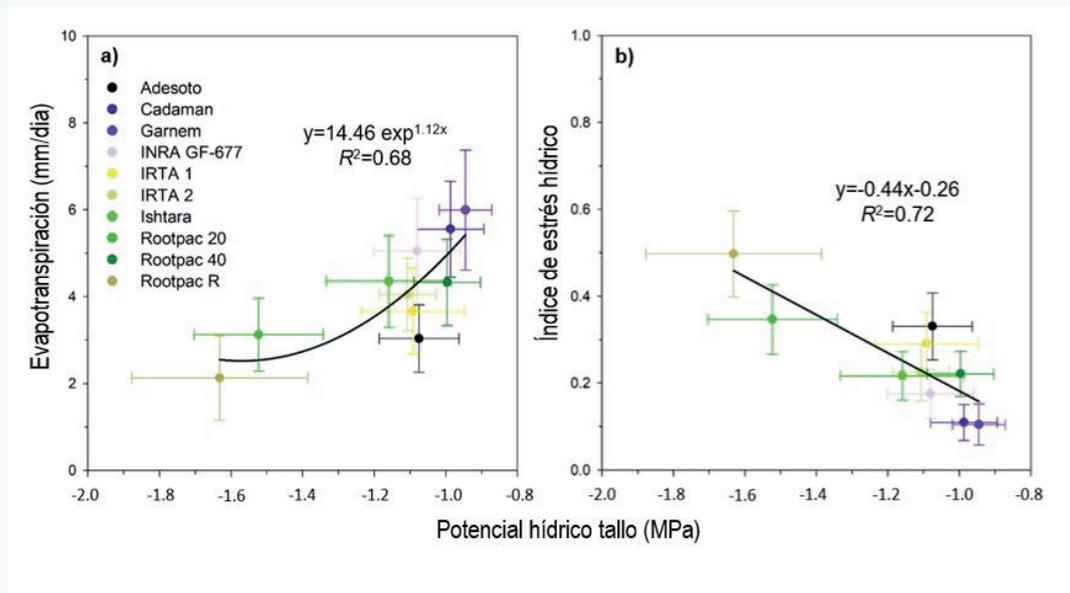


Figura 2. Relación entre el potencial hídrico de tallo y a) Evapotranspiración, y b) Índice de estrés hídrico, de los diferentes portainjertos de almendro evaluados con la variedad ‘Marinada’.

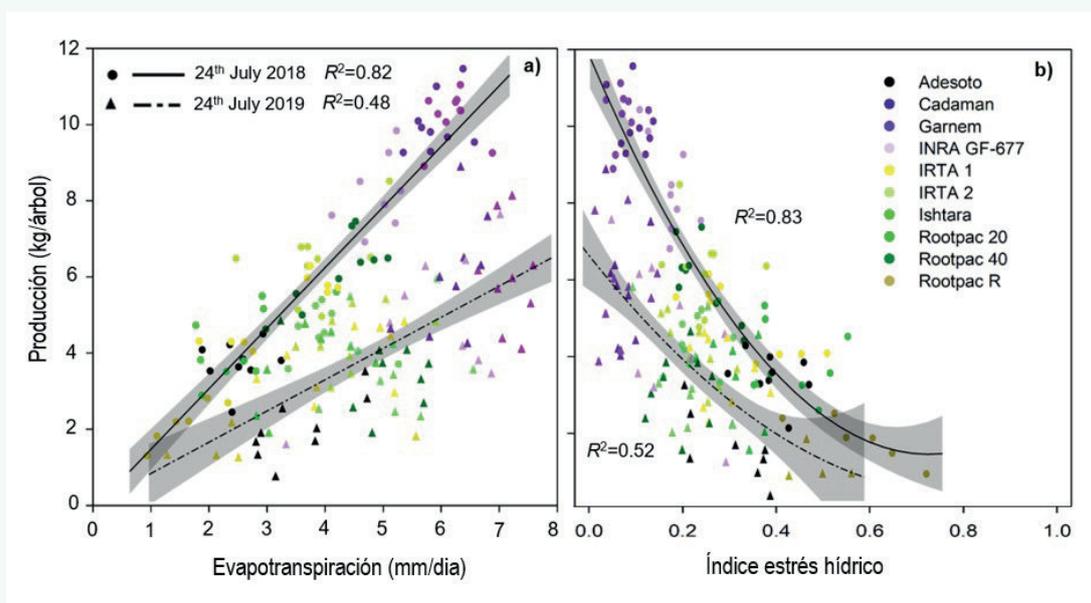


Figura 3. Relación entre producción en grano (kg/árbol) y estimaciones a) de evapotranspiración diaria y b) índice de estrés hídrico.

Sin embargo, parece ser que, a pesar de estas restricciones, estos portainjertos son más tolerantes que otros al estrés hídrico. Rootpac® 40, a pesar de estar en el mismo umbral del potencial hídrico de tallo que Cadaman® y Garnem®, tiende a tener una menor evapotranspiración y un ligero mayor estrés hídrico. Por otra parte, parece que Adesoto es ligeramente más sensible al estrés hídrico, ya que para un determinado potencial hídrico de tallo, evapotranspira menos.

Los resultados obtenidos en este estudio también han confirmado que, en almendro, la relación entre producción y evapotranspiración es lineal (Figura 3). Se observó el mismo comportamiento para los dos años estudiados, pero la producción fue más dependiente de la evapotranspiración en aquellos años más productivos (2018). La misma tendencia se observó por el índice de estrés hídrico, que muestra que aquellos portainjertos más estresados y que evapotranspiran menos (Rootpac® R y Rootpac® 20), también producen menos, y viceversa.

Evaluación de la productividad del agua en distintos sistemas de formación

Durante el año 2021 se llevó a cabo un ensayo en almendros (cv. Marinada) de 12 años con 4 sistemas de formación (Vaso, Vaso libre, Eje y Seto). Cada uno de ellos presentaba tres tratamientos de riego (100% ETc, 50% ETc y Estresat). Los marcos de plantación de cada sistema eran 6x6, 5.5x3.5, 5x3 y 4.5x3m respectivamente. En cada uno de ellos se estimó la transpiración diaria en 4 fechas distintas, mediante imágenes de alta resolución obtenidas con un dron aplicando el modelo de balance de energía TSEB, previamente citado. Del mismo modo, se midieron los rendimientos para cada uno de los árboles. Para cada sistema de formación/tratamiento de riego se obtuvo la productividad del agua (PA), a partir de la ratio entre el rendimiento (kg/ha) y la transpiración promedio de las cuatro fechas (mm).

Los resultados obtenidos muestran que la PA no fue significativamente distinta entre tratamientos de riego ($p=0.06$). En todos los tratamientos, los sistemas que mostraron una mayor PA fueron SETO y VAS (Figura 4). Aunque no se observaron diferencias significativas entre ellos, todo parece indicar que, en condiciones de déficit hídrico, el SETO tiene una ligera mayor PA. Es necesario explorar en mayor detalle las posibles causas. Sin embargo, cabe destacar que en el año 2021 hubo una helada y los rendimientos fueron bajos.

Hasta el momento, no existen estudios que hayan evaluado el consumo de agua de diferentes modelos productivos debido a la dificultad en medir la transpiración a nivel de árbol individual. Aunque los resultados presentados son preliminares, todo parece indicar que los sistemas en SETO (a 4.3 x 3 m) y VASO (a 6 x 6 m) tienen un menor consumo de agua (menor transpiración en mm) en comparación con VASO LIBRE (5.5 x 3.5 m) y EJE (5 x 3 m). Además, en 2021 también presentaron unas mayores producciones. Por otra parte, la comparación de rendimientos promedio de los diferentes sistemas durante los últimos 7 años no ha mostrado diferencias significativas en ninguno de ellos (Figura 5).

Por tanto, atendiendo a estos resultados podemos concluir que teniendo en cuenta las conocidas ventajas del alto grado de mecanización que presenta el SETO en comparación con otros y dado que presenta una PA alta, sería un sistema adecuado para un escenario de escasez de agua. Ahora bien, dado que estos resultados son dependientes de la interacción con variedad y portainjerto, además del marco de plantación, estudios más detallados en los que se evalúe la PA en otros modelos productivos son necesarios. También es interesante evaluar la PA en sistemas más superintensivos con marcos de plantación más estrechos.

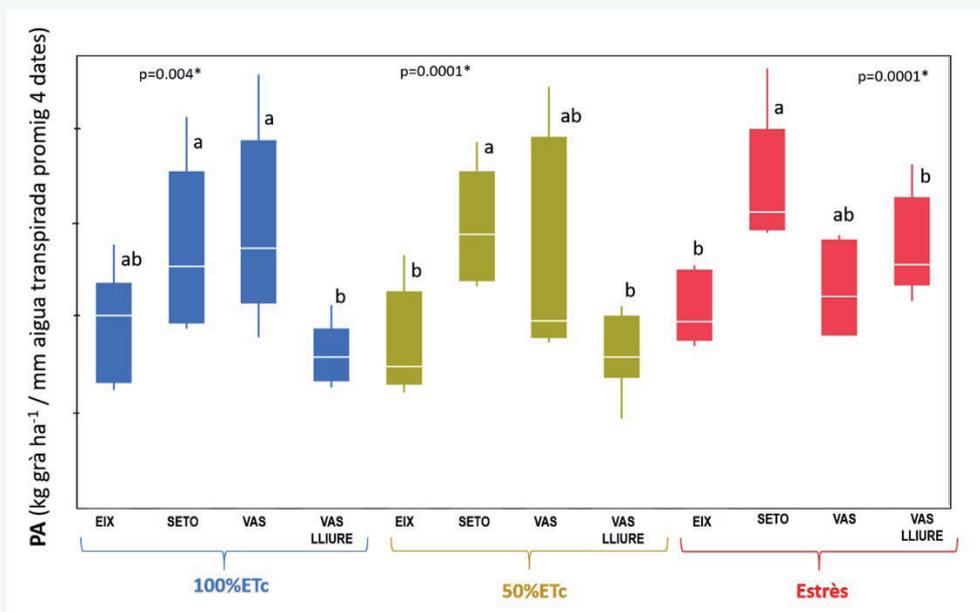


Figura 4. Productividad del agua (PA) de cuatro sistemas de formación (EJE, SETO, VASO y VASO LIBRE), sometidos a diferentes tratamientos de riego.

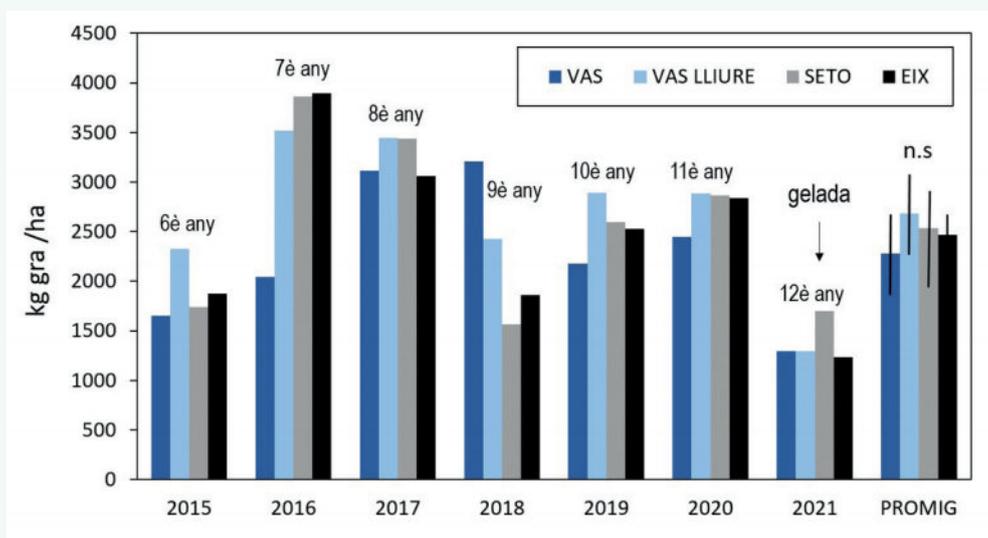


Figura 5. Producción media de los distintos sistemas de formación durante los años 2015-2021.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Este estudio ha demostrado que el uso de modelos de balance de energía utilizando la combinación de imágenes térmicas y multiespectrales de alta resolución ha sido capaz de identificar diferencias de evapotranspiración y estado hídrico entre portainjertos de almendro sometidos a distintos tratamientos de riego. Es la primera vez que estas técnicas se han aplicado para fenotipar distintos modelos productivos en almendro.

Por tanto, este estudio supone un avance en las metodologías de fenotipado que se han utilizado hasta el momento, y seguro que ayudará a los mejoradores y productores a entender e identificar de forma más precisa y eficiente los modelos productivos que mejor se adapten a condiciones de sequía futuras. En los próximos años, desde IRTA tenemos planificados una serie de estudios en los que evaluaremos en mayor profundidad la productividad del agua de diferentes modelos. Esperamos mostrarle resultados en próximas ediciones de la jornada.

Más información en:

Bellvert J, Nieto H, Pelechá A, Jofre-Čekalović C, Zazurca L and Miarnau X (2021) Remote Sensing Energy Balance Model for the Assessment of Crop Evapotranspiration and Water Status in an Almond Rootstock Collection. *Front. Plant Sci.* 12:608967. doi: 10.3389/fpls.2021.608967. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.608967/full>



An Agricultural
Sciences Company

Spotlight® Plus

Herbicida

**ALTA EFICACIA CONTRA MALAS
HIERBAS DICOTILEDONIAS Y REBROTES**

Spotlight® Plus es una solución herbicida de contacto, para aplicación en postemergencia en el cultivo del almendro.

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.

Fast Fruit® es una marca registrada de FMC Corporation y/o de sus empresas afiliadas.

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



Almendra *hidroSOStenible*: mejora de la calidad del grano mediante el uso eficiente del agua de riego

Dra. Leontina Lipan, Universidad Miguel Hernández y programa fructicultura IRTA

1. INTRODUCCIÓN

La Ley 28/2015, de 30 de julio, para la defensa de la calidad alimentaria la define como “conjunto de propiedades y características de un producto alimenticio o alimento relativas a las materias primas o ingredientes utilizados en su elaboración, a su naturaleza, composición, pureza, identificación, origen, y trazabilidad, así como a los procesos de elaboración, almacenamiento, envasado y comercialización utilizados y a la presentación del producto final, incluyendo su contenido efectivo y la información al consumidor final especialmente el etiquetado” (BOE, 2015). Desde la perspectiva del consumidor, la calidad alimentaria se compone principalmente de cualidades de experiencia como el sabor y la comodidad, junto con cualidades de credibilidad como el origen, el método de producción y la salubridad (Grunert & Achmann, 2016).

Es por ello que la Comisión Europea, ha adoptado 3 figuras de calidad en los que se pueden otorgar etiquetas de calidad a productos que cumplan ciertas condiciones. Se trata de (i) Denominación de Origen Protegida (DOP) que ampara los productos agrícolas y alimenticios

que se producen, procesan y preparan en un área geográfica determinada utilizando conocimientos técnicos reconocidos; (ii) Indicación Geográfica Protegida (IGP) que ampara los productos agrícolas y alimenticios estrechamente ligados a la zona geográfica. Al menos una de las etapas de producción, procesamiento o preparación tiene lugar en la zona; y la (iii) Especialidad Tradicional Garantizada (ETG) que destaca el carácter tradicional, ya sea en la composición o en los medios de producción. Con respecto a la almendra y derivados, España cuenta con 4 productos inscritos en la categoría IGP (Figura 1) (MAPA, 2020).

Para producir productos de calidad, primero se tiene que asegurar la seguridad alimentaria que, de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), existe en el momento en el que “todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana” (FAO, 2011). Con respecto a los alimentos nutritivos, la literatura científica confirma que actualmente se están produciendo



Figura 1. Figuras de calidad y ejemplos de productos relacionados con la almendra en España.

alimentos con una calidad inferior a los que se producían antaño, debido al aumento continuo de las emisiones de CO₂ como gases de efecto invernadero (Ziska, 2022). Esto produce un aumento de carbohidratos en los alimentos y una disminución de nutrientes esenciales como la proteína, Mg, Fe y Zn en un 9,5%, 9,2%, 16,0% y 9,4% (Dong et al., 2018).

Pero un aspecto todavía más importante para asegurar la seguridad alimentaria es garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible (Objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030), ya que la escasez de agua afecta directamente a la supervivencia. Además, el cambio climático está dificultando aún más si cabe la gestión sostenible de los recursos hídricos, debido a la escasez e irregularidad de precipitaciones y unas altas tasas de evapotranspiración.

Por tanto, garantizar la producción y la calidad de los alimentos usando menos agua de riego es uno de los grandes desafíos de nuestros tiempos (FAO, 2018).

Dentro de las diferentes estrategias para mantener la viabilidad del sector agrícola estarían la introducción de cultivos tolerantes a la sequía como es el caso del almendro y la implementación de estrategias de ahorro de agua, tales como el riego deficitario (RD) que permitan alcanzar unos rendimientos adecuados, manteniendo, o incluso mejorando, la calidad del producto final.

En este sentido, los investigadores de la Universidad Miguel Hernández, Universidad de Sevilla e IRTA han estado estudiando el efecto de diferentes estrategias de RD en la calidad de la almendra (*Prunus dulcis* Mill. cv. Vairo), así como la evaluación del perfil sensorial y de la aceptación de los consumidores internacionales de las almendras hidroSOSTenibles (Figura 2). El concepto hidroSOSTenible es una marca registrada (M3647842(3) por la Oficina Española de Patentes y Marcas con el objetivo de proteger aquellas frutas y verduras cultivadas en condiciones de RD. Por lo tanto, una almendra hidroSOSTenible es aquella cultivada bajo estrategias de riego deficitario controlado, haciendo un uso eficiente del agua de riego en agricultura.

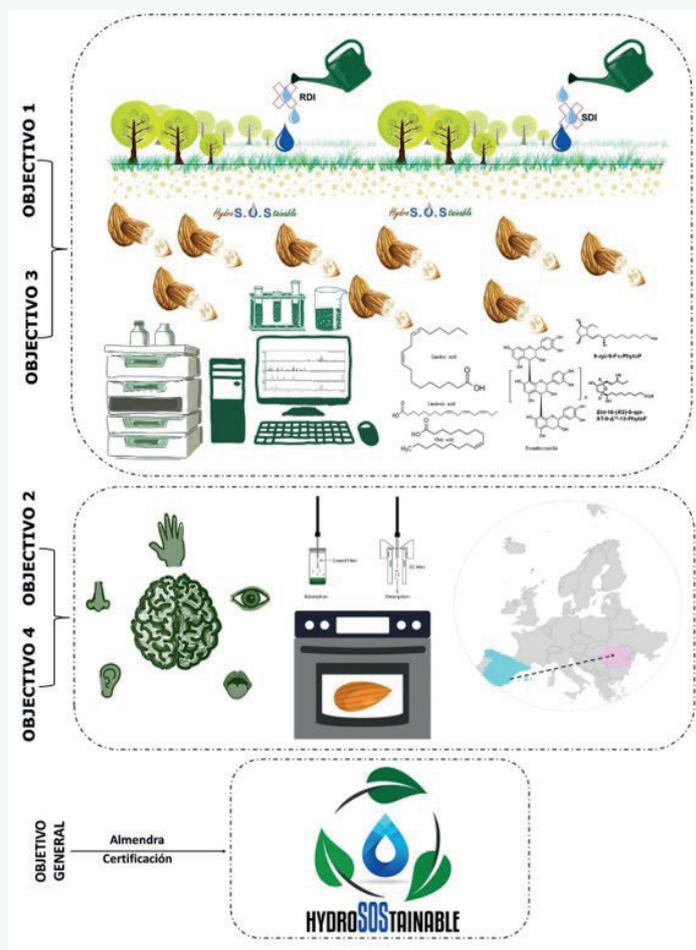


Figura 2. Visualización gráfica de los objetivos marcados.

2. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo durante tres campañas consecutivas en una finca comercial “La Florida” ubicada en Dos Hermanas, Sevilla, con árboles de 7 años de edad al comienzo del experimento (cv. Vairo en portainjertos GF-677) a un marco de plantación de 8 x 6 m, riego localizado y una pluviometría 366, 668 y 238 mm en 2017, 2018 y 2019, respectivamente (Martín-Palomo et al., 2022). Aquí se desarrollaron los siguientes tratamientos de riego (Figura 3): (i) tratamiento control (que cubre el 100% de la ET del cultivo), (ii) 2 tratamientos de riego deficitario controlado

(RDC) con un período de estrés hídrico durante el llenado del grano (con diferentes niveles de estrés dependiendo del potencial hídrico del tallo T2 = -1.5 MPa y T3 = -2.0 MPa) y condiciones de riego completas para el resto del año, y (iii) un riego deficitario sostenido (RDS) en el que se aplicó una menor cantidad de agua durante toda la temporada (T4).

Tras la cosecha se estudió la calidad de la almendra cruda y tostada realizando mediciones físicas, químicas y sensoriales, así como estudios de consumidores internacionales Figura 4.

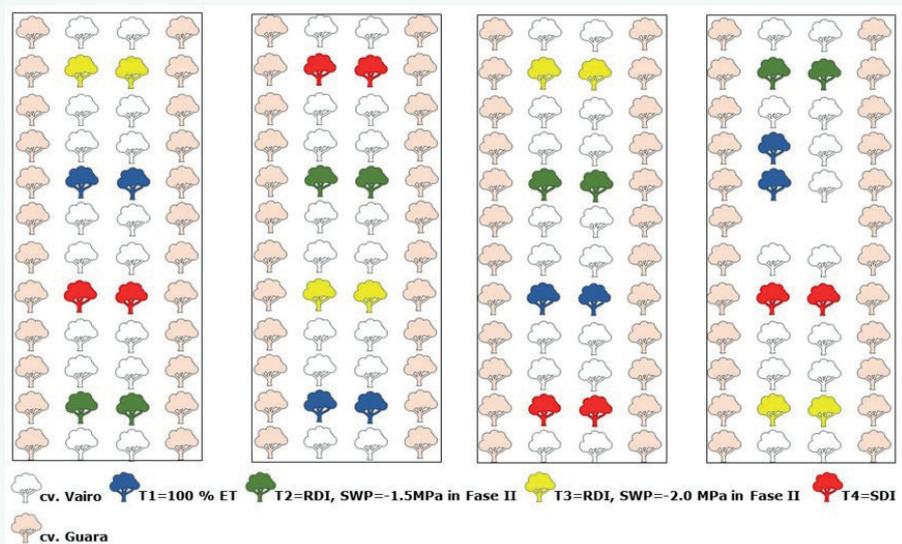
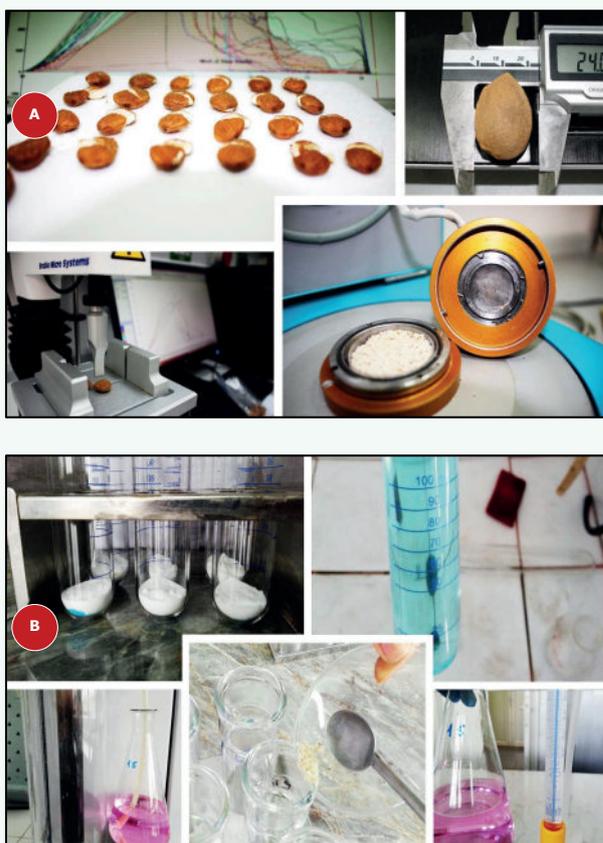


Figura 3. Diseño experimental (SWP=Potencial hídrico del tallo al mediodía).



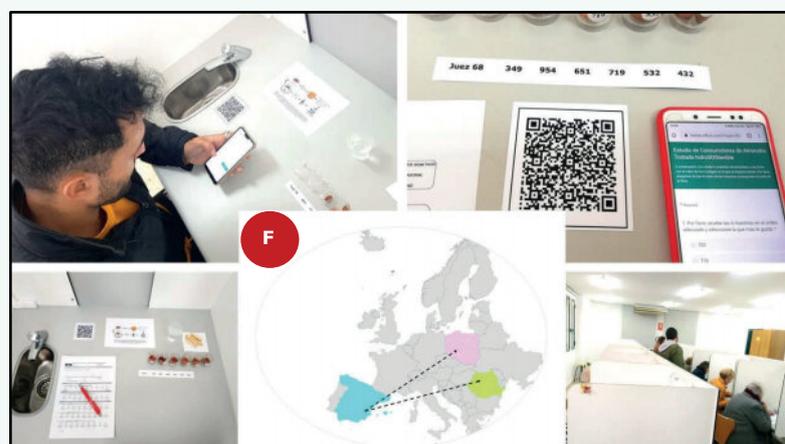
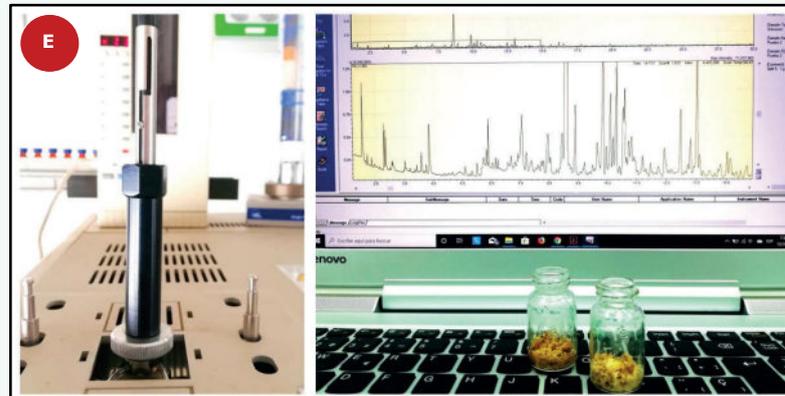


Figura 4. Mediciones cualitativas: A) físicas, B) composición química, C) minerales, D) ácidos orgánicos y azúcares, E) compuestos volátiles, F) análisis sensorial

3. RESULTADOS

Aspectos agronómicos

El agua aplicada y la producción de la almendra grano para cada tratamiento y año se muestran en la Figura 5. Los almendros del tratamiento control (T1) recibieron una media de 691 mm de agua en los 3 años, el RDC moderado (T2) 382 mm, mientras que el RDC severo (T3) y el RDS sostenido (T4) recibieron 114 mm (Figura 5 A).

Aspectos de calidad

Tras la primera campaña de riego deficitario los resultados mostraron que las almendras

obtenidas bajo una estrategia de RD moderado (T2) se caracterizaron por un color más rojizo, mayor contenido de grasa (Figura 6 A), K (Figura 6 B), glucosa, contenido de fenoles totales, un mayor contenido de compuestos fenólicos y proantocianidinas individuales (Figura 6 C), un mayor grado de polimerización, actividad antioxidante, ácidos grasos insaturados y volátiles. Además, se observó un incremento destacable en el contenido de fitoprostanos (Figura 6D) y fitofuranos (Figura 6E), compuestos importantes por marcar el estrés oxidativo y por su capacidad de proteger las células de los efectos nocivos derivados del estrés oxidativo.

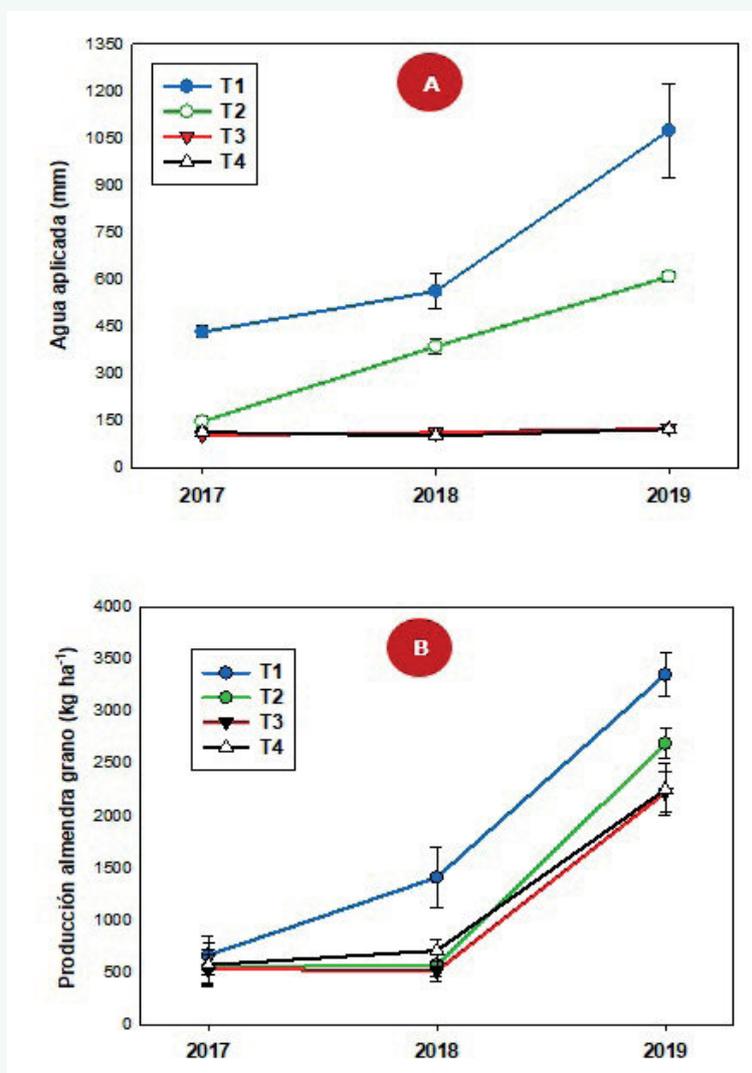


Figura 5. Aspectos agronómicos: A) agua aplicada, B) producción de almendra grano

Las estrategias de RD no afectaron la producción (Figura 5 B) en grano en el primer año de tratamiento (T1=662 kg ha⁻¹; T2=545 kg ha⁻¹; T3=533 kg ha⁻¹, T4=568 kg ha⁻¹), pero sí en los próximos dos. Este fenómeno era esperado, debido a la sensibilidad en postcosecha al estrés hídrico (Lipan et al., 2019). Aunque en 2019 (T1=3352a kg ha⁻¹; T2=2691ab kg ha⁻¹; T3=2222b kg ha⁻¹, T4=2251b kg ha⁻¹) la reducción de la producción con respecto al tratamiento control fue menor que en 2018 (T1=1407a kg ha⁻¹; T2=570b kg ha⁻¹; T3=511b kg ha⁻¹, T4=706b kg ha⁻¹), concluyendo que un RD moderado puede llegar a producciones estadísticamente similares al control.

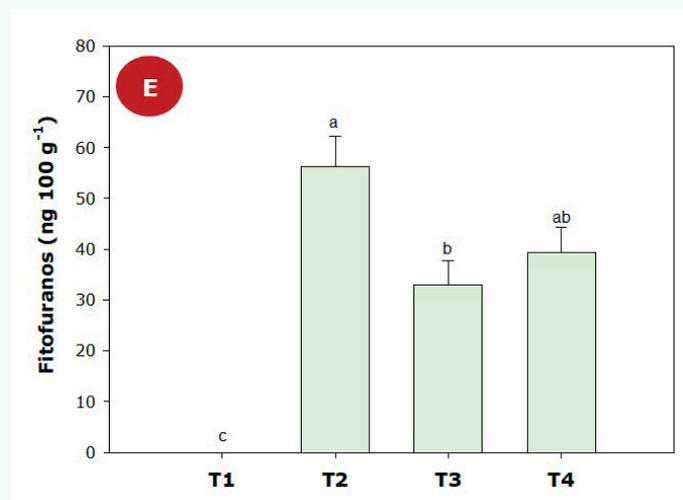
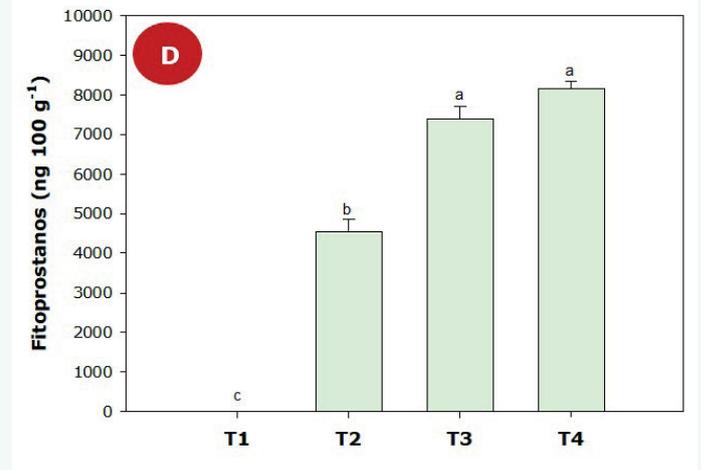
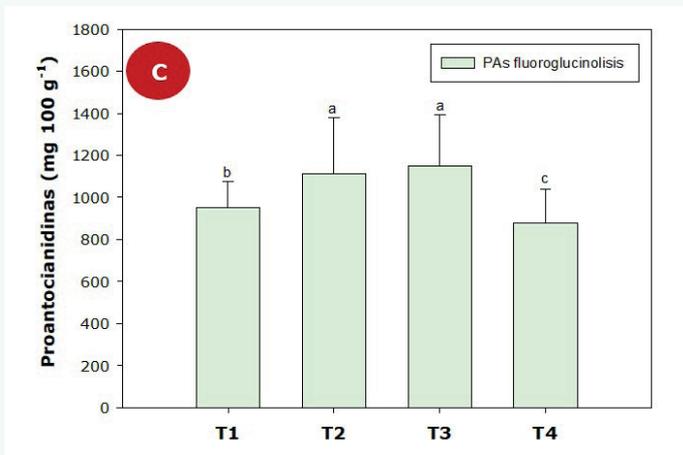
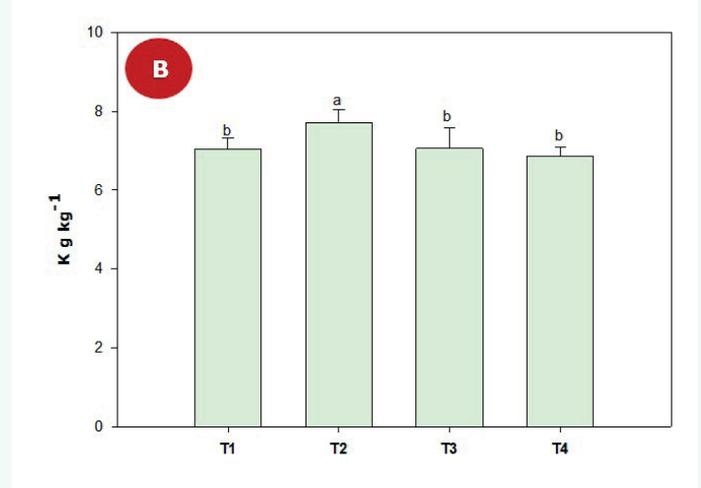
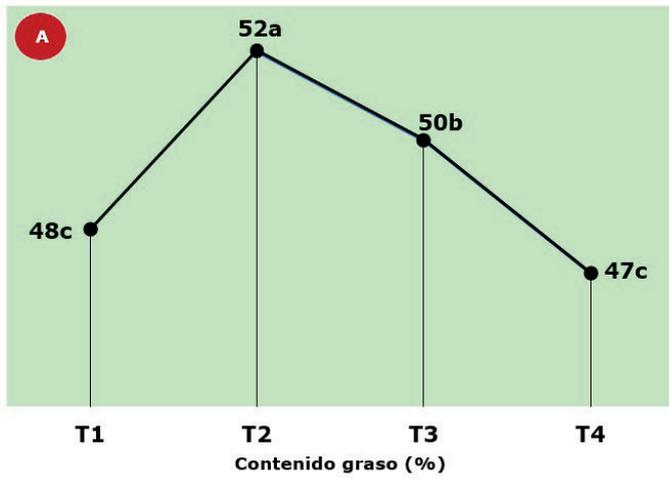


Figura 6. Composición química de la almendra: A) grasa, B) potasio, C) proantocianidinas, D) fitoprostanos, E) fitofuranos.

En cuanto al perfil sensorial, se observó que las almendras hidroSOSostenibles presentaban un color más intenso, mayor intensidad de dulzor y dureza, así como una mayor aceptación por parte de los consumidores españoles (Figura 7 A) y rumanos debido a su dulzor, sabor a almendras y crujibilidad. Además, se observó que la hidrosostenibilidad podría convertirse en un valor añadido para los agricultores debido a que los consumidores internacionales se mostraron dispuestos a pagar un precio más alto por las almendras hidroSOSostenibles (Figura 7 B), lo que significa mayores ingresos y beneficios para los agricultores.

Por otra parte, se pudo observar que el déficit hídrico acumulado a lo largo de las campañas del estudio afectaba significativamente a las características agronómicas y de calidad de las almendras hidroSOSostenibles, que presentaron una correlación positiva con algunos parámetros tales como: coordenadas de color (L^* a^* b^*), minerales (K, Fe y Zn), ácidos orgánicos (ácido cítrico), azúcares (sacarosa, fructosa y azúcares totales), actividad antioxidante y ácidos grasos (linoleico, PUFA, SFA, PUFA / MUFA, entre otros).

Por lo contrario, el estrés hídrico mostró una correlación negativa con el rendimiento, la actividad del agua, el peso, el tamaño, algunos minerales (Ca y Mg), ácidos grasos (ácido oleico, relación oleico/linoleico, MUFA y PUFA / SFA) y atributos sensoriales (tamaño, amargor, astringencia, benzaldehído y amaderado).

Tras el proceso de tostado, se observó que un tratamiento térmico de 170 °C durante 10 min en un horno de convección eran las condiciones óptimas de tostado desde un punto de vista aromático (Figura 8 A), descriptivo y afectivo para las almendras de la variedad 'Vairo'. Además, el riego deficitario dio lugar a almendras con un mayor contenido de compuestos aromáticos (Figura 8 B), más dulces, más notas a almendra tostada y frutos secos (Figura 8 C) en comparación con el control.

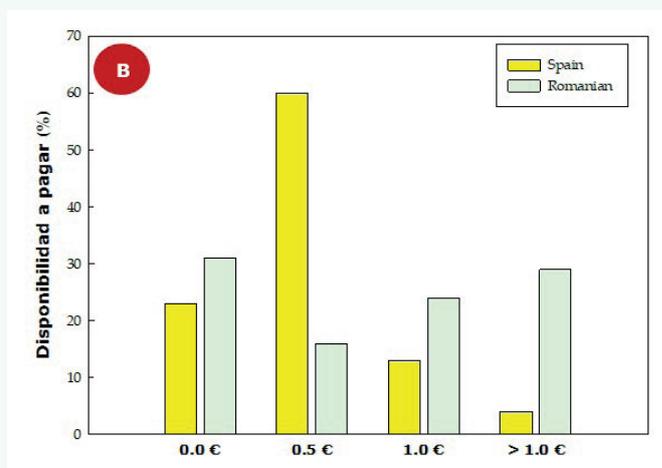
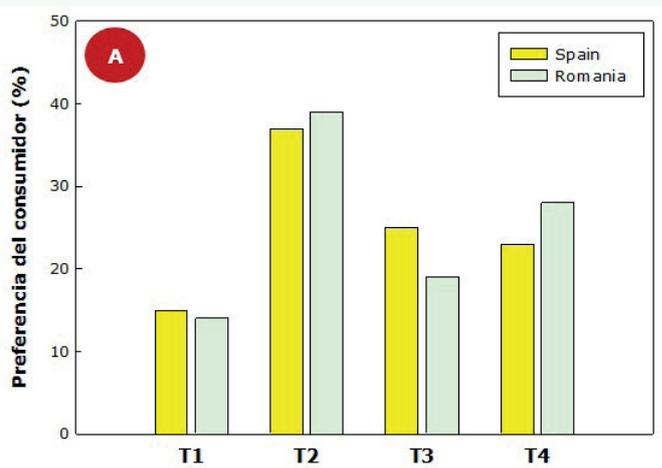


Figura 7. Anàlisi sensorial i estudi de consumidors: A) preferència; B) disponibilitat a pagar per l'ametlla hidroSOSostenible

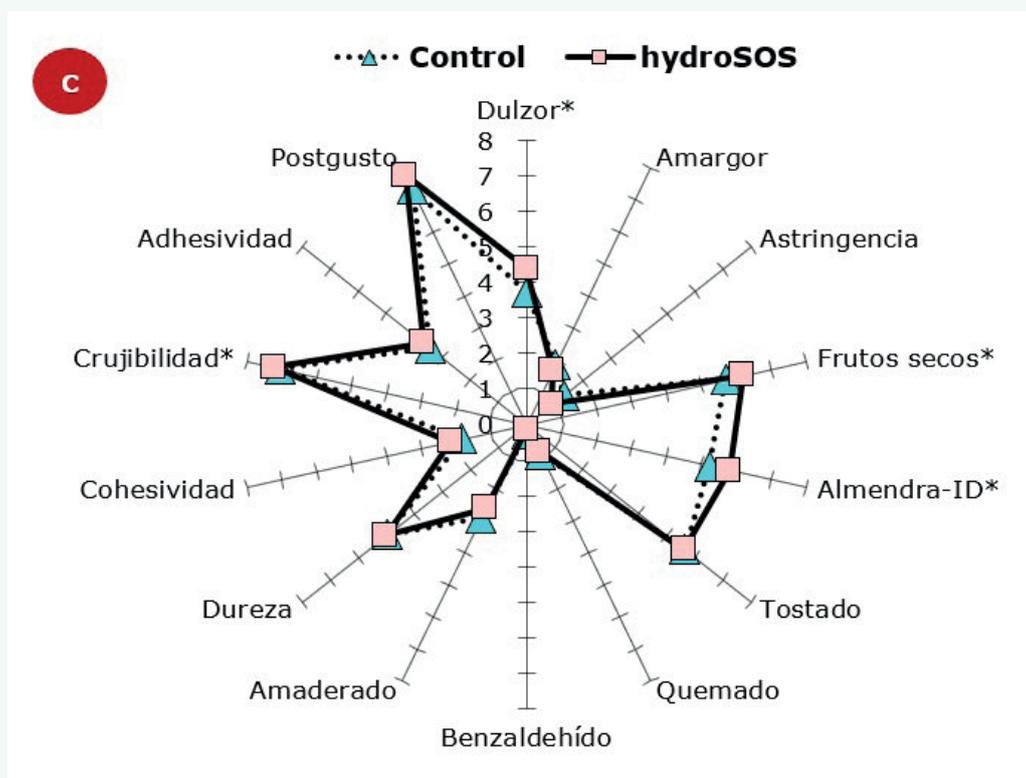
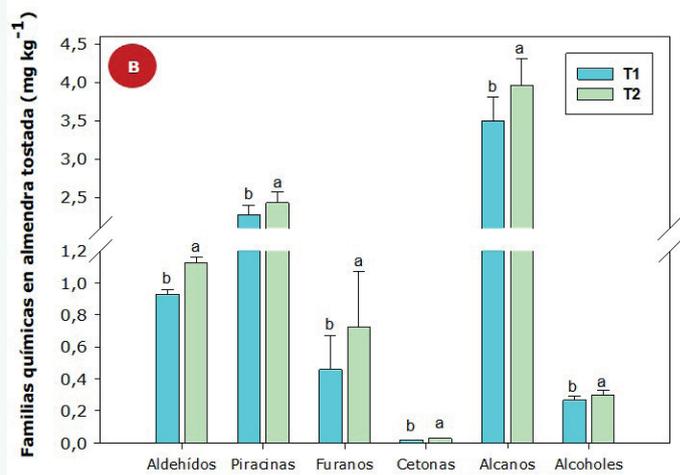
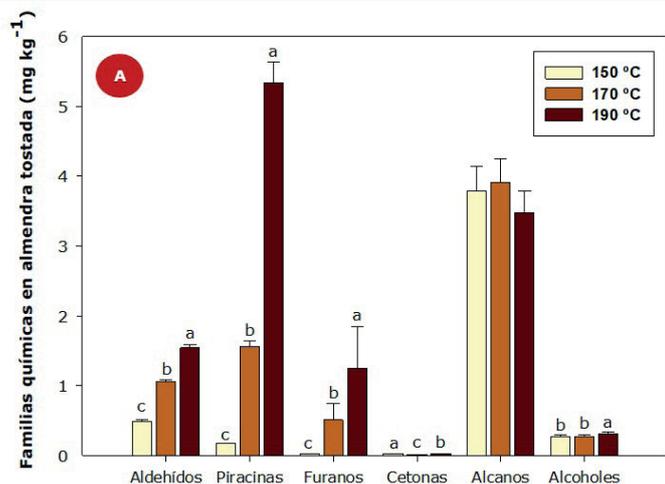


Figura 8. Familias químicas de compuestos volátiles y perfil sensorial de la almendra tostada: A) volátiles afectadas por la temperatura de tostado; B) volátiles afectadas por el tipo de riego; C) perfil sensorial de la almendra tostada.

4. CONSIDERACIONES FINALES

1 De acuerdo con las estrategias de riego estudiadas, se puede concluir que un estrés moderado durante el periodo de llenado de grano mejora sustancialmente la calidad de la almendra, manteniendo una producción adecuada y estadísticamente similar a la obtenida bajo dotaciones hídricas óptimas.

2 Así, esta estrategia permite incrementar la actividad antioxidante y los polifenoles, los compuestos volátiles, ácidos grasos polinsaturados, fitoprostanos y fitofuranos. Un riego deficitario moderado da lugar a almendras con mayor intensidad de color, sabor a almendra, dulzor, y textura crujiente; por tanto, todos estos atributos sensoriales ayudarán a tener una mayor aceptación por parte de los consumidores internacionales.

3 Además, los efectos del riego deficitario en la calidad de la almendra no se ciñeron tan sólo a la almendra cruda, sino también se mantuvieron tras el proceso de tostado. Las almendras hidroSOSTenibles tostadas resultaron ser más dulces, con una mayor intensidad aromática a almendra tostada, más crujientes, y con un mayor contenido de compuestos volátiles en comparación con las almendras procedentes de riego óptimo. Parámetros tales como coordenadas de color ($L^*a^*b^*$), minerales (K, Fe, y Zn), azúcares (sacarosa y fructosa), actividad antioxidante (ABTS^{•+}, FRAP), ácidos grasos (oleico y linoleico), fitoprostanos, fitofuranos y atributos sensoriales (tamaño, amargor, benzaldehído y amaderado) pueden considerarse marcadores importantes para la detección del estrés hídrico y certificación de almendras *hidroSOSTenibles*.

4 Considerando una mayor predisposición por parte de los consumidores internacionales a pagar un precio más alto por un producto que ha sido obtenido siguiendo estrategias de sostenibilidad y conservación de los recursos hídricos, las acciones del gobierno y de la industria podrían brindar información adecuada con respecto a los productos hidroSOSTenibles, promocionando la producción de alimentos que contribuyan a combatir la escasez de agua en el mundo. Mientras que el sector agrícola debería

apostar por la producción de estos alimentos para ayudar a reducir la escasez de agua en el mundo.

5 Así, utilizando esta estrategia de riego deficitario controlado en un nivel moderado el sector agrícola puede ahorrar un 45% del agua de riego, obteniendo un producto de calidad diferenciada y amistoso con el medio ambiente.

6 En conjunto, estos resultados refuerzan la afirmación de que las estrategias de ahorro de agua en el cultivo de la almendra contribuyen positivamente en la obtención de un producto final de mayor calidad y con una mayor aceptación por parte de los consumidores. Es decir, ayudan a generar un valor añadido final que permitiría recuperar las pérdidas económicas provocadas por la implementación de estrategias de riego deficitario controlado y por las reducciones de rendimiento, ya que dan lugar a un producto con mayor competitividad y comerciabilidad.

5. REFERENCIAS

Boletín Oficial del Estado BOE. (2015). Ley 28/2015, de 30 de julio, para la defensa de la calidad alimentaria. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-8563#:~:text=Ayuda-,Ley%2028%2F2015%2C%20de%2030%20de%20julio%2C%20para%20la,de%2031%2F07%2F2015.>

Dong, J., Gruda, N., Lam, S. K., Li, X., & Duan, Z. (2018). Effects of Elevated CO₂ on Nutritional Quality of Vegetables: A Review. *Front Plant Sci*, 9, 924. doi:10.3389/fpls.2018.00924

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2011). La Seguridad Alimentaria: Información para la toma de decisiones. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/al936s/al936s00.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/sdg-6/es/>

Grunert, K. G., & Aachmann, K. (2016). Consumer reactions to the use of EU quality labels on food products: A review of the literature. *Food Control*, 59, 178-187. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.021>

Lipan, L., Martín-Palomo, M. J., Sánchez-Rodríguez, L., Cano-Lamadrid, M., Sendra, E., Hernández, F., . . . Carbonell-Barrachina, Á. A. (2019). Almond fruit quality can be improved by means of deficit irrigation strategies. *Agricultural Water Management*, 217, 236-242. doi:10.1016/j.agwat.2019.02.041

Martín-Palomo, M. J., Andreu, L., Pérez-López, D., Centeno, A., Galindo, A., Moriana, A., & Corell, M. (2022). Trunk growth rate frequencies as water stress indicator in almond trees. *Agricultural Water Management*, 271, 107765. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107765>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación MAPA. 2020. Denominaciones de Origen e

Indicaciones Geográficas Protegidas, (2020). Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-diferenciada/dop-igp/>

Ziska, L. (2022). Rising Carbon Dioxide and Global Nutrition: Evidence and Action Needed. *Plants*, 11(7), 1000. doi:10.3390/plants11071000

6. FINANCIACIÓN

Esta investigación fue financiada por el Gobierno de España (Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI), Agencia Estatal de Investigación (AEI), a través de un proyecto de investigación coordinado (hydroSOS) que incluye a la Universidad Miguel Hernández de Elche (AGL2016-75794-C4-1-R, *Productos hidroSostenibles: identificación de debilidades y fortalezas, optimización del procesamiento, creación de marca propia, y estudio de su aceptación en el mercado europeo, alimentos hydroSOS*) y la Universidad de Sevilla (AGL2016-75794-C4-4-R); este proyecto también han sido financiados por Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) “Una manera de hacer Europa”, (MCI/AEI/FEDER, UE). La autora Leontina Lipan tiene un contrato financiado por el Ministerio de Universidades y por la Unión Europea-Next Generation EU en el marco de las Ayudas para la Recualificación del Sistema Universitario Español, en la modalidad MARGATIRA SALAS.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores (Leontina Lipan, Agustí Romero, Esther Sendra y Ángel Carbonell-Barrachina) quieren agradecer al equipo de relaciones hídricas de la Universidad de Sevilla liderado por el Prof. Dr. Alfonso Moriana por la colaboración en toda la parte agronómica de este trabajo.



► PARTIDORAS **HyperQUADRO**®

Nueva gama de descascaradoras de almendras y avellanas.

Tecnología patentada.

Máxima fiabilidad, eficiencia y rentabilidad en una sólo máquina.



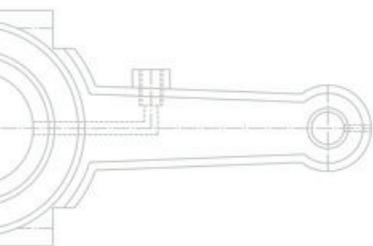
► **LÍNEAS DE REPELADO**

Nuevos equipos de repelado con bajo consumo agua/energía.

Escaldadores de agua caliente y vapor.

Peladoras de doble rulo para un repelado de máxima blancura y calidad.

Diseño higiénico y líder en innovación.



El inicio del fin de la mancha ocre (*Polystigma amygdalinum*) como enfermedad clave del almendro

Sra. Laura Torguet, programa fruticultura IRTA

INTRODUCCIÓN

La mancha ocre del almendro, causada por el hongo *Polystigma amygdalinum* P.F. Cannon, es una de las enfermedades foliares más importantes que afecta a los almendros de la cuenca del Mediterránea y de algunas regiones de Oriente Medio. En EE.UU. y Australia, aun siendo los países con mayor producción del mundo, la enfermedad todavía no se ha detectado (Farr and Rossman, 2022). En España, la mancha ocre está muy extendida, sobre todo en las plantaciones del Sur del país, a lo largo de la costa mediterránea y en la zona del Valle del Ebro.

En los últimos años ha aumentado la incidencia de la enfermedad en España, principalmente debido a la expansión del cultivo a zonas del interior donde las condiciones climáticas son más adecuadas para su desarrollo (Almacellas, 2014). Además, en estas nuevas zonas se han plantado variedades más productivas que las tradicionales, que ofrecen buenas características agronómicas, como la floración tardía y la autofertilidad; sin embargo, son más susceptibles a *P. amygdalinum* (Miarnau *et al.* 2010, 2013).

Asimismo, los sistemas productivos más intensivos, también introducidos en España en los últimos años, como las plantaciones de alta densidad, han creado condiciones especialmente favorables para el desarrollo de enfermedades fúngicas (Miarnau *et al.* 2013, 2016).

La mancha ocre, solo afecta a las hojas de los almendros, provocando manchas difusas de diferentes formas y tamaños (Banihashemi, 1990). Inicialmente son de color amarillo, y luego se convierten en manchas de color anaranjado

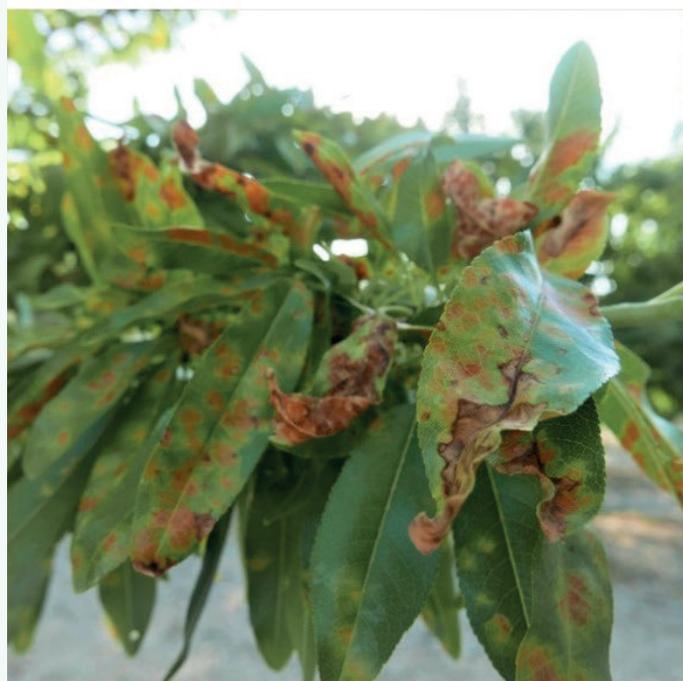


Figura 1. Sintomatología de la mancha ocre en hojas de almendros.

hasta que finalmente son de color rojizo (Figura 1). Las infecciones severas pueden producir una defoliación temprana y ello conlleva una disminución de la actividad fotosintética de los árboles y una posible reducción del rendimiento.

Las estrategias de control para la mancha ocre están basadas generalmente en el uso de variedades tolerantes que pueden ayudar a reducir las infecciones de la enfermedad y así facilitar el control. Sin embargo, no son suficientes para mantener la enfermedad por debajo del umbral de daños, lo que hace necesario considerar otras estrategias de control.

Las prácticas culturales, enfocadas a eliminar el inóculo primario de las hojas infectadas en el año anterior, también ayudan al control, aunque también son insuficientes por ellas mismas. Por tanto, una práctica habitual y necesaria para el control de la enfermedad, en las áreas del mediterráneo, es la realización de aplicaciones de fungicidas durante el ciclo vegetativo para prevenir las infecciones.

Actualmente, una de las principales preocupaciones en el control de la mancha ocre, es el bajo número de productos registrados actualmente para el cultivo y la enfermedad. Este hecho dificulta la implementación de un programa anual de fungicidas para el control de mancha ocre sin aplicarlos repetidamente, lo que puede conducir a la aparición de resistencia en las poblaciones del patógeno. Por todo ello, es importante estudiar nuevos fungicidas y estrategias de aplicación eficaces para ser utilizados en el control de la mancha ocre.

Durante la última década, desde IRTA se ha estudiado a fondo la enfermedad, de forma que en estos momentos conocemos más detalladamente, la epidemiología de *Polystigma amygdalinum*, el ciclo biológico, la relación entre la epidemiología y la climatología, así como las correlaciones entre la expresión de la enfermedad (incidencia y severidad) con las precipitaciones y las temperaturas.

Con toda la información obtenida de los ensayos se está poniendo a punto un modelo predictivo que acotará el momento en que debe realizarse el manejo de la enfermedad. Por otro lado, también se ha estudiado el control de la enfermedad y

en estos momentos ya sabemos que variedades son más tolerantes, que prácticas culturales son las más adecuadas para reducir el inóculo durante el invierno y finalmente que fungicidas y estrategias de aplicación son las que mejores eficacias presentan en su control.

Con todo ello, vamos a conocer con cierta exactitud la forma de mantener la enfermedad por debajo del umbral de daños. Y como consecuencia, en estos momentos, ya podemos decir que estamos frente al inicio del fin de la mancha ocre como enfermedad clave para el cultivo del almendro.

A continuación, se describen algunos de los aspectos que se han ido descubriendo en estos años de estudio de la enfermedad.

CICLO BIOLÓGICO

Polystigma amygdalinum es un hongo que pasa el invierno en las hojas caídas del árbol. Durante esta fase de latencia, los cuerpos fructíferos del hongo (los peritecios, según su nombre técnico) maduran dando lugar a las ascosporas (denominación específica que reciben las esporas de los hongos ascomicetos). En primavera, bajo condiciones favorables de temperatura, precipitación y humedad, las ascosporas se liberan al ambiente e infectan las hojas nuevas del árbol. En éstas, el hongo produce unas manchas inicialmente amarillas, que se van oscureciendo progresivamente, para tomar tonalidades rojizas y ocreas, a la vez que la superficie afectada aumenta de tamaño. El ciclo se cierra en otoño e invierno, con la caída de las hojas infectadas y la posterior maduración de cuerpos fructíferos y ascosporas, listos para iniciar un nuevo ciclo biológico del patógeno (Figura 2).

La mancha ocre del almendro es una enfermedad monocíclica; es decir, que desarrolla un único ciclo de infección a partir de una única fuente del inóculo patógeno que son las ascosporas liberadas a partir de las hojas infectadas caídas de la campaña anterior.

EPIDEMIOLOGÍA

Para poder controlar la mancha ocre de la forma más eficaz, pero también más sostenible y

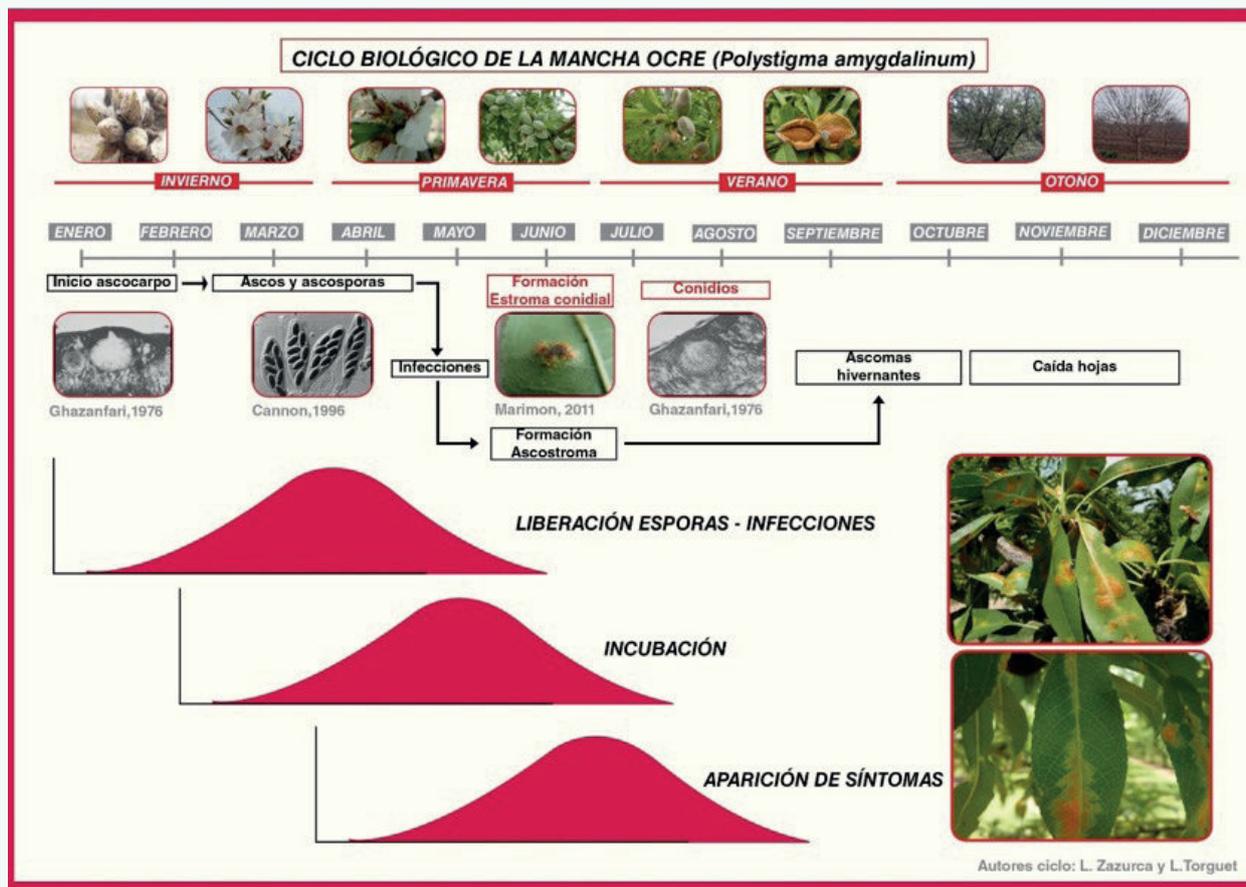


Figura 2. Ciclo biológico de la mancha ocre (*Polystigma amygdalinum*).

respetuosa con el medio ambiente, es necesario conocer a fondo el patógeno y su ciclo biológico. Debemos conocer la época de mayor riesgo de infección, que coincide con el período de una mayor presencia de ascosporas en el ambiente. Con esta finalidad, en los últimos años se han realizado una serie de ensayos en Cataluña, que han llevado a conocer las condiciones de infección de la mancha ocre del almendro.

Maduración de las ascosporas

Previamente a la liberación de las ascosporas infectivas del patógeno, éstas deben experimentar un proceso de maduración en el interior de los cuerpos fructíferos del hongo. Gracias a los ensayos realizados en 2016 y 2017, en dos fincas experimentales del IRTA situadas en Gandesa (Tarragona) y les Borges Blanques (Lleida), se confirmó que los cuerpos fructíferos van desarrollándose y madurando a lo largo de la temporada (de enero a agosto), observándose una transición progresiva de la fase inmadura hacia la fase de madurez.

Con los resultados de estos estudios, podemos afirmar que la maduración de los cuerpos

fructíferos se ve influenciada tanto por el origen geográfico de las muestras como por las condiciones ambientales específicas de cada temporada (Zuñiga *et al.*, 2020).

Estimación de los períodos de infectividad y latencia

La mayor parte de las infecciones de la temporada se producen entre mediados de marzo y principios de mayo y las infecciones disminuyen drásticamente en junio, con posterioridad a esta fecha, tan sólo se pueden detectar algunas infecciones esporádicas, con muy baja incidencia (Zuñiga *et al.* 2020).

El período de latencia puede variar a lo largo del año, con tendencia a disminuir a medida que la temporada avanza. Por término medio, la latencia tiene una duración de entre 5 y 10 semanas, aunque ocasionalmente también registramos valores extremos (de 2 a 12 semanas). Las infecciones aparecen con mayor rapidez (menor periodo de latencia) conforme avanza la temporada, aunque con una menor incidencia de los síntomas (menor porcentaje de hojas afectadas). De manera que las temperaturas

suaves y la lluvia de la primavera (necesaria para la liberación de las ascosporas) favorecen las infecciones de la enfermedad, mientras que las temperaturas altas del verano las reducen.

Seguimiento del inoculo primario

Los ensayos de maduración de ascosporas, así como los de infectividad y latencia, son una buena aproximación para determinar el período de máximo riesgo de infección. Sin embargo, se puede obtener una aproximación todavía más exacta conociendo el período durante el cual las ascosporas están presentes en el ambiente. Con esta finalidad, entre 2019 y 2020 se realizaron varios ensayos en dos fincas experimentales del IRTA situadas en les Borges Blanques y Vilagrassa (Lleida).

Los resultados obtenidos sobre la captura de esporas muestran que en 2019 la mayor cantidad de ascosporas fue liberada entre la segunda quincena de abril y finales de mayo. En cambio, en 2020 se observa un periodo más largo de liberación en las dos localidades analizadas (detectando algún pico incluso a finales de agosto) (Pons-Solé et al., 2021).

INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LA PROGRESIÓN DE LA ENFERMEDAD

Gracias a los diferentes ensayos se demostró una correlación positiva entre la incidencia a *P. amygdalinum* y la lluvia acumulada. Se detectaron niveles más altos de incidencia de la enfermedad en verano, cuando la precipitación acumulada en abril fue superior a 60 mm o cuando entre abril y junio la precipitación fue superior a los 100 mm. La lluvia parece esencial para la liberación y dispersión de las ascosporas. Por lo tanto, años con primaveras húmedas fueron y serán, años complicados en el control de la enfermedad (Miarnau et al., 2021).

Las correlaciones entre la incidencia de la enfermedad y la temperatura no fueron tan consistentes como con la lluvia acumulada. Aunque si se pudo observar, que las temperaturas suaves en primavera y verano (por debajo de 18°C en mayo y por debajo de los 21°C en el periodo de mayo a julio) correspondieron a una mayor incidencia de la enfermedad, mientras que las temperaturas más altas registradas en

los mismos periodos dieron como resultado una menor incidencia de la mancha ocre (Miarnau et al., 2021). Por tanto, los síntomas de la enfermedad serán más intensos cuando los años tenga temperaturas cálidas en primavera y verano, pero no excesivamente cálidas. No obstante, las temperaturas elevadas en verano si se han relacionado con periodos de incubación de la enfermedad más cortos (Zuñiga et al., 2020).

Todo ello nos lleva a confirmar que las condiciones ambientales durante la campaña (abril-julio) tienen un papel muy importante en las infecciones de *P. amygdalinum* y en la aparición de los síntomas. Por ello, el futuro modelo predictivo del riesgo epidemiológico llevara incorporado los factores ambientales, sobre todo la precipitación en primavera.

Actualmente, estamos trabajando en la validación de este modelo en distintas parcelas. Mediante este modelo, seremos capaces de predecir las épocas de mayor infectividad según la meteorología acontecida. Conociendo las épocas de mayor riesgo para la infección, podremos programar los tratamientos o prácticas preventivas contra esta enfermedad para que en su conjunto estas sean mucho más efectivas.

SENSIBILIDAD VARIETAL A MANCHA OCRE

Todas las variedades estudiadas durante un periodo de 8 años presentaron diferentes niveles de incidencia y severidad, este hecho, sugiere que la infección de *P. amygdalinum* presenta un fuerte componente genético (Miarnau et al., 2021). ‘Mardía’ presentó los valores de incidencia anual (número de hojas con síntomas) más bajos con un valor medio de 15,3%. Esta variedad no presentó síntomas en tres de los ocho años de estudio. ‘Vairo’ fue la segunda variedad con menor incidencia global, con valores medios del 47,1%.

En contraste con estas dos variedades, el cultivar ‘Tarraco’ tuvo una incidencia promedio superior al 75% y ‘Desmayo Largueta’, ‘Guara’, ‘Marinada’ y ‘Tuono’ presentaron incidencias medias para todo el periodo experimental entre el 70% y el 75%. Las 14 variedades restantes mostraron incidencias medias anuales entre el 23,5% y 90,2% (Figura 3).

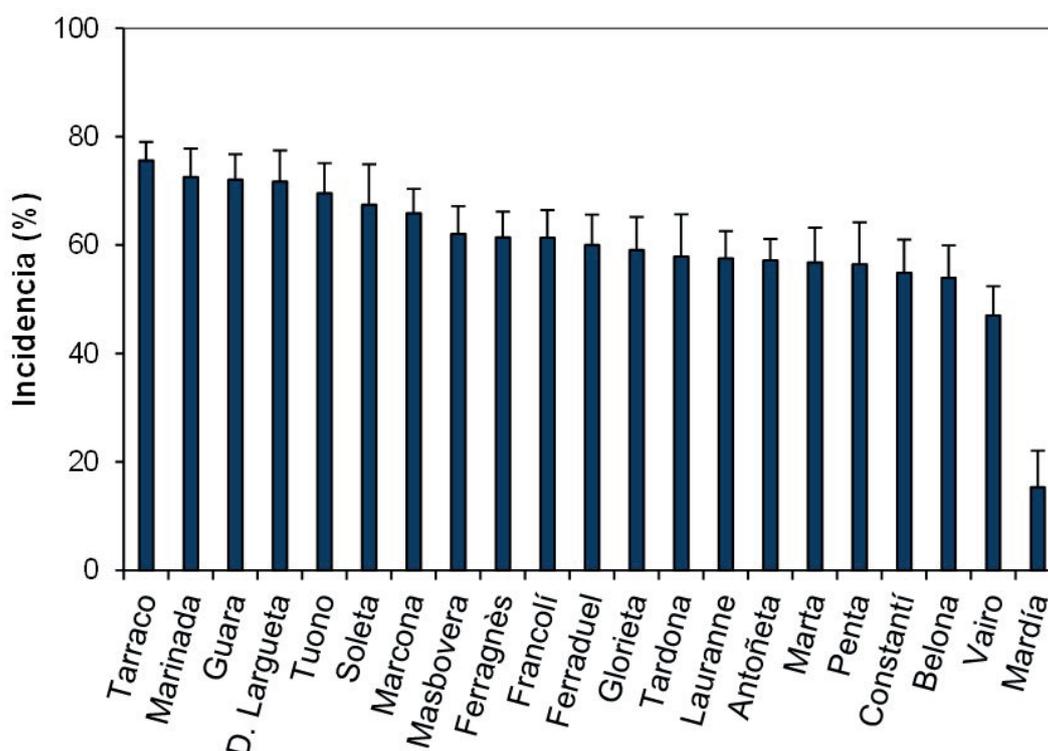


Figura 3. Incidencia media de la enfermedad (+ error estándar), expresada como porcentaje de hojas con síntomas en 21 variedades de almendro analizadas, durante los ocho años de estudio (2011-2018).

Tabla 1. Clasificación de las variedades en grupos de susceptibilidad en función de la incidencia y severidad que presentaron en el intervalo de los años de estudio (2011 al 2018).

Grupo	Índices de incidencia y severidad	Varietades
Grupo I	Bajos	'Mardía'
Grupo II	Bajos moderados	'Antoñeta', 'Ferragnès', 'Lauranne', 'Ferraduel', 'Belona', 'Constantí' y 'Vairo'
Grupo III	Moderados	'Francolí', 'Glorieta', 'Marcona', 'Masbovera', 'Penta' y 'Tardona'
Grupo IV	Moderados altos	'Desmayo Largueta', 'Marinada' y 'Soleta'
Grupo V	Elevados	'Tarraco', 'Tuono' y 'Guara'

Cuando se combinaron los datos de incidencia y severidad de mancha ocre de todos los años analizados, las variedades se agruparon en 5 grupos como muestra la siguiente Tabla 1. Las variedades 'Tuono', 'Guara' y 'Tarraco' (en orden de susceptibilidad creciente) fueron las variedades de almendros más susceptibles

a *P. amygdalinum*, mientras que 'Mardía' fue la variedad más tolerante. La mayoría de las variedades evaluadas se agruparon en 3 grupos intermedios de susceptibilidad. Sin embargo, ninguna variedad fue identificada como resistente.

CONTROL DE LA ENFERMEDAD MEDIANTE PRÁCTICAS CULTURALES

Existen una serie de prácticas agrícolas que podrían contribuir a reducir la presión del inóculo del patógeno presente en las hojas caídas, mediante procedimientos que promuevan la eliminación o descomposición de éstas. Estas medidas consistirían en retirar la hojarasca del suelo con el uso de aperos apropiados (Torguet et al., 2019) o en aplicar urea para acelerar su descomposición (Lin y Szejnberg, 1992).

Los resultados de los ensayos realizados en 2020 y 2021 muestran como ambos tratamientos (urea y eliminación de hojas) fueron efectivos en la reducción de la cantidad de ascosporas de *P. amygdalinum* presentes en el ambiente, siendo especialmente eficaz el tratamiento consistente en eliminar la hojarasca (Figura 4). Sería de esperar que esto se tradujera en una menor incidencia y severidad de la enfermedad, hecho que se confirma para el tratamiento de eliminación de hojas, pero no para el tratamiento de urea, en el que la enfermedad fue ligeramente más grave que en la parcela control (Pons-Solé et al., 2021).

Aun así, la reducción drástica en la captura de ascosporas (en el tratamiento sin hojas) tan sólo significó una reducción de alrededor un 10% en la incidencia de la enfermedad. Esto nos lleva a pensar que la dispersión del inóculo, procedente de fincas colindantes en que la enfermedad está presente, podría ser mayor de lo que se pensaba. En consecuencia, abordar estrategias de eliminación del inóculo sólo tendría sentido cuando ésta última pueda abarcar una zona o área considerables.

CONTROL QUÍMICO DE LA ENFERMEDAD

El conocimiento de la eficacia de los productos fungicidas y las estrategias de aplicación para el control de la mancha ocre, son aspectos muy importantes para el manejo de las plantaciones de almendros con variedades susceptibles a la enfermedad y áreas donde se dan las condiciones idóneas para el desarrollo de mancha ocre.

Durante muchos años se ha recomendado en España el uso de captan, tiram y mancozeb desde la caída de pétalos hasta mediados del



Figura 4. Eliminación de las hojas del suelo en una finca de almendro.

verano para proteger las hojas de los almendros de las infecciones de mancha ocre (Almacellas 2014; Ollero-Lara et al. 2016; Zúñiga et al. 2017; Torguet et al. 2019) pero actualmente son productos no autorizados ni para la enfermedad ni para el cultivo. Sin embargo, en este momento en España ya se están comercializando nuevos fungicidas sistémicos para el control de diferentes enfermedades fúngicas distintas de la mancha ocre del almendro (MAPA 2022) los cuales pueden ser eficaces para controlar la mancha ocre.

Se realizaron diferentes ensayos entre los años 2015-2019, donde se evaluaron 21 productos fungicidas, en diferentes ensayos. Todas las aplicaciones se realizaron en el periodo comprendido entre la primavera y el verano (marzo-julio), iniciándose a partir de la caída de pétalos que suele coincidir con la segunda quincena de marzo.

Los ensayos se llevaron a cabo en Lleida (Cataluña), zona endémica que permitió un buen desarrollo de la enfermedad. Las variedades elegidas fueron 'Tarraco' y 'Guara', que son muy susceptibles a la mancha ocre. Este hecho permitió que la infección de la enfermedad en los distintos años y en las distintas parcelas, por lo general, fuera suficiente para tener resultados concluyentes.

Como resumen general de todos los ensayos realizados (Torguet *et al.*, 2022), se han clasificado los productos fungicidas en cinco categorías (Tabla 2). En la primera categoría, se situaron los productos con eficacias

con una elevada eficacia observado en ensayos previos. Todas las estrategias empezaron con aplicaciones en el momento de la caída de pétalos y el número y el momento de la realización de las aplicaciones dependió de cada estrategia ensayada. En el testigo las diferentes aplicaciones se realizaron solo con agua.

Las estrategias que se compararon fueron por un lado las basadas en aplicaciones con cadencias de 14, 21 o 31 días, frente a las aplicaciones basadas en criterios meteorológicos, aplicaciones después de una lluvia mayor a 15 mm o 15 días después de una lluvia mayor a 15 milímetros, siempre que las temperaturas fueran entre 10 y 15°C. Estos umbrales se establecieron de acuerdo con los resultados obtenidos por Miarnau *et al.* (2021) y Zuñiga *et al.* (2020).

Todos los tratamientos redujeron la presión de la enfermedad en comparación con el testigo, pero no se encontraron diferencias entre las diferentes estrategias. Sin embargo, si se detectaron diferencias en el número total de

Tabla 2. Clasificación de los productos en función de la eficacia frente a la mancha ocre.

Tipo de fungicida	Muy alta eficacia >90%	Alta eficacia 90-60%	Eficacia media 59-40%	Baja eficacia 39-20%	Eficacia nula <20%
Sistémicos	Fluopiram+trifloxistrobin	Fenbuconazol	Ciprodinil +fludioxonil Fenpirazamina Miclobutanil	Ciflufenamid	Pirimetanil
	Fluopiram	Isopirazam+difenoconazol			
	Piraclostrobin+boscalida	Tebuconazol			
	Trifloxistrobin	Ciproconazol			
	Fluopiram+tebuconazol	Pentiopirad			
Penetrantes	-	Dodina	-	-	-
Contacto	-	-	Captan	Folpet Cobre	-

superiores al 90% (fluopiram, trifloxistrobin y su mezcla, fluopiram+tebuconazol y piraclostrobin+boscalida). Por el contrario, el producto pirimetanil presentó la menor eficacia. El resto de los productos evaluados presentaron eficacias medias altas.

También se evaluaron diferentes estrategias de aplicación de fungicidas en 2017-2018. El fungicida utilizado en todos los ensayos fue piraclostrobin+boscalida, producto registrado para el cultivo y la enfermedad en España y

aplicaciones en vegetación, este hecho es muy interesante desde el punto de vista económico y medioambiental.

La estrategia de realizar aplicaciones de fungicidas cuando se dan las condiciones de dispersión de las ascosporas (15 días después de precipitaciones mayores a 15 mm y con un rango de temperatura entre 10 y 15°C) solo se realizaron entre 2 y 4 aplicaciones dependiendo del año. Este número de aplicaciones de fungicidas es muy inferior a las 5-9 observadas

en otras estrategias. Esta estrategia previene futuras infecciones foliares con aplicaciones de fungicidas solo cuando es probable que las esporas se liberen masivamente de los ascocarpos debido a la lluvia (Banihashemi 1990). Este es un primer paso, pero muy importante, para establecer un programa de fungicidas basado en un modelo de predicción para controlar la mancha ocre del almendro.

CONCLUSIÓN

Todos estos años de estudio nos han llevado a conocer mejor la enfermedad y conocer como las posibles medidas de control. Por todo ello, se puede afirmar que para un control de la mancha ocre eficaz y respetuoso con el medio ambiente y el agricultor será imprescindible tener presente una adecuada combinación de las diferentes estrategias de manejo de la enfermedad, adaptándolas a las características y necesidades de cada zona agroclimática.

BIBLIOGRAFÍA

Almacellas, J. 2014. Síntomas, daños y métodos de control de la mancha ocre del almendro. *Vida Rural* 389:28–32.

Banihashemi, Z. 1990. Biology and control of *Polystigma ochraceum*, the cause of almond red leaf blotch. *Plant Pathol.* 39:309–315.

Farr, D. F., & Rossman, A. Y. (2022) Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA [Online]. Available: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> [Accessed March 30 2022].

Lin, A., Szteinberg, A. (1992). Control of the almond disease *Polystigma amygdalinum* by urea treatments. (Abstr.) *Hassadeh*. Vol. 73, pág. 62-66.

MAPA, 2022. Registro de productos fitosanitarios. August 12, 2019, extraído de <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

Miarnau, X., Vargas, F. J., Montserrat, R., and Alegre, S. 2010. Aspectos importantes en las nuevas plantaciones de almendro en regadío. *Revista de Fruticultura* 10:94–103.

Miarnau, X., Vargas, F.J. 2013. Susceptibilidad varietal a dos de las principales enfermedades del cultivo del almendro, “fusicoccum” y “mancha ocre”. *El Arbolar*. Vol. 1, pág. 10–15.

Miarnau, X., Torguet, L., Batlle, I., and Alegre, S. 2016. El cultivo del almendro en alta densidad. *Revista de Fruticultura* 49:68–87.

Miarnau, X., Zazurca, L. Torguet, L., Zúñiga, E., Batlle, I., Alegre, S., Luque, J. 2021. Cultivar susceptibility and environmental parameters affecting symptom expression of red leaf blotch of almond in Spain. *Plant disease*, 105 (4): 940-947.

Ollero-Lara, A., Lovera, M., Roca, L. F., Arquero, O., and Trapero, A. 2016. Susceptibilidad varietal del almendro a la mancha ocre en Andalucía. *Vida Rural* 412:14–22.

Pons-Solé, G., Miarnau, X., Torguet, L., Zazurca, L., Zúñiga, E., Luque, J. 2021. La mancha ocre del almendro: ¿Qué sabemos de esta enfermedad y su control? *Revista Tierras Agricultura* 298: 74-82.

Torguet, L., Maldonado, M., Miarnau, X. 2019. Importancia y control de las enfermedades en el cultivo del almendro. *Agricultura* 1026: 72-77.

Torguet, L., Zazurca, L., Martinez, G., Pons-Solé, G., Luque, J., Miarnau, X. 2022. Evaluation of fungicides and application strategies for the management of the red leaf blotch disease of almond. *Horticulture* 8, 501.

Zúñiga, E., Luque, J., Torguet, L., and Miarnau, X. 2017. Biología y epidemiología de la mancha ocre del almendro en Cataluña. *Revista de Fruticultura* 57:6–15.

Zúñiga, E., Romero, J., Ollero-Lara, A., Lovera, M., Arquero, O., Miarnau, X., Torguet, L., Trapero, A., and Luque, J. 2020. Inoculum and infection dynamics of *Polystigma amygdalinum* in almond orchards in Spain. *Plant Dis.* 104:1239–1246.

coda

codan plus



almendro

da la oportunidad a cada flor de ser fruto



más cuajado



más rentable



mayor calibre de los frutos



mayor resistencia al estrés



mayor producción



Localización: Vilagrassa (Lleida)
Variedad: Marinada

codan plus: 2 l/ha.

1ª aplicación foliar: 20% de floración.

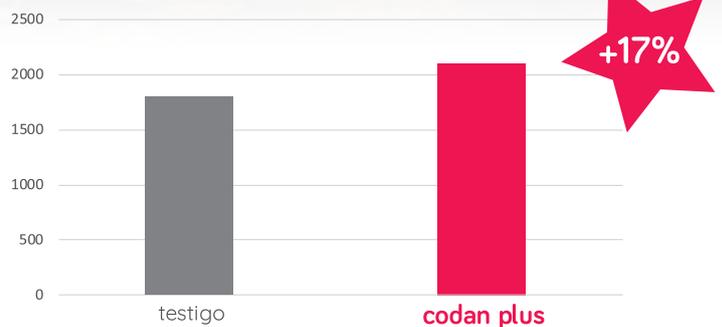
2ª aplicación foliar: final de floración.

obtenemos:

- 2% más cuajado
- Menos cantidad de almendras < 12 mm
- 17% más producción

más frutos > mayor producción > más rentable

Producción de almendra (kg de grano/ha)



sas

Sustainable Agro Solutions, S.A.U.

Ctra. N-240, Km 110 - Almacelles - Lleida (Spain) 25100

t. (34) 973 74 04 00 / info@sas-agri.com



sas-agri.com

INTENSIA, un nuevo portainjerto para modelos intensivos y superintensivos en almendro

Dr. Xavier Miarnau, programa fruticultura IRTA

ANTECEDENTES

La renovación y mejora del cultivo del almendro se está realizando principalmente gracias a la aparición de nuevas variedades que han aportado caracteres agronómicos destacables. Sin embargo, el árbol frutal es un conjunto formado por variedad y portainjerto, y para seguir mejorando el cultivo del almendro, hay que tener en cuenta también la importancia que representa la correcta elección del portainjerto.

En la cuenca mediterránea, el portainjerto más utilizado tradicionalmente ha sido el franco de almendro (Figura 1). Este portainjerto, con un potente sistema radicular, resistente a la sequía y a la caliza, es muy adecuado para la adaptación del almendro en el seco y a los terrenos pobres y marginales (Felipe, 1989; Rubio Cabetas, 2016).

En los años 70, la aparición de los híbridos almendro x melocotonero supuso un gran cambio. Inicialmente, estos se utilizaron para el cultivo del melocotonero, pero posteriormente, por su buen comportamiento, también se

utilizaron ampliamente en almendro. En los últimos años el portainjerto INRA GF-677, ha sido el más utilizado tanto en seco como en regadío (Socias y Company *et al.*, 2009).

Posteriormente, en el mercado aparecieron varios patrones híbridos almendro x melocotonero y otros híbridos interespecíficos dentro del género *Prunus* (Iglesias y Carbó, 2006). Algunos de ellos están desplazando el portainjerto 'INRA GF-677' en plantaciones de melocotonero y en menor medida de almendro. También, a principios de los años 2000 se lanzaron al mercado los patrones híbridos obtenidos por el CITA de Zaragoza, 'Garnem'®, 'Monegro'® y 'Felinem'® (Felipe, 2009). Estos presentan características similares al 'INRA GF-677', pero aportan tolerancia a nematodos, y, además, el color rojo de la hoja los hace muy fáciles de manejar en vivero.

Otra alternativa, es la utilización de portainjertos francos de ciruelos, con el objetivo de reducir el vigor del árbol y adaptar el almendro a suelos con problemas de asfixia radicular y de enfermedades de suelo (Felipe, 1989 y Moreno *et al.*, 1995). Sin embargo, estos portainjertos



Figura 1. Almendros en seco en los cuales se utiliza el portainjerto franco de almendro.

han sido poco utilizados debido a su escaso vigor, y además muchos de ellos no tienen una buena compatibilidad y tienen tendencia a la emisión de rebrotes.

En California, la utilización de portainjertos francos de melocotonero (Figura 2) ha sido habitual en plantaciones de almendro en terrenos arenosos, profundos, fértiles y con ciertos problemas de nematodos (Kester y Grasselly, 1987). En Australia, también se han utilizado los portainjertos francos de melocotonero, pero en los últimos años se está iniciando la incorporación de híbridos almendro x melocotonero (Wirthensohn and Iannamico, 2017). Estos portainjertos se pueden adaptar mejor a suelos más pobres, menos profundos y con una concentración elevada de carbonatos cálcicos, que predominan en las zonas

productivas de Australia.

Actualmente en España, la mayoría de nuevas plantaciones de almendro se están realizando con mayor importancia en terrenos fértiles y con riego (Figura 3). Esto supone un cambio de paradigma respecto al uso del franco de almendro.

Además, muchas veces estas nuevas plantaciones se realizan en terrenos que presentan problemas de replantación, nematodos y asfixia radicular. Y, por último, señalar que con la introducción de los sistemas de alta densidad también son necesarios portainjertos de reducido vigor para poder limitar el crecimiento de los árboles (Figura 4). En esta línea, ya se están comercializando nuevos híbridos con diferentes escalas de vigor, como la serie Rootpac® que pueden resultar muy interesantes (Pinochet, 2010).



Figura 2. Portainjerto Nemaguard utilizado para el cultivo del almendro en EEUU (parte derecha de la foto).

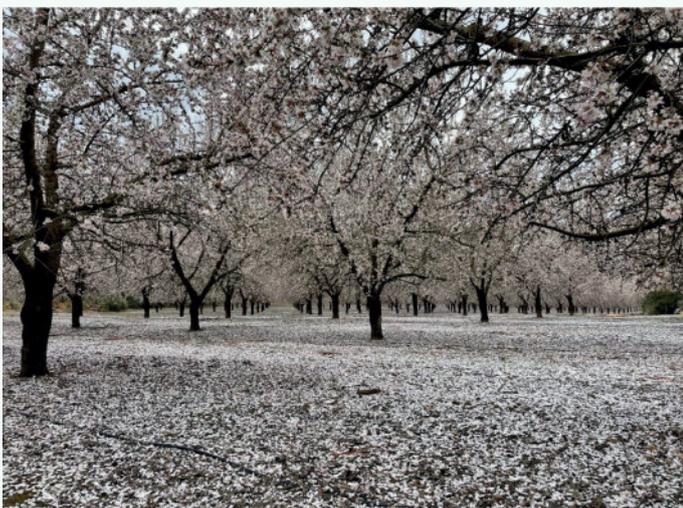


Figura 3. Plantación de almendro en regadío en Cataluña.



Figura 4. Plantación de almendro en alta densidad.

ORIGEN

El nuevo portainjerto de IRTA, 'Intensia' (referencia obtentor MB 1-37) es un híbrido almendro x melocotonero obtenido por un cruzamiento de 'Texas' x 'Early Gold', realizado en 1979 en Mas Bové por F. Vargas y M. Romero en Mas Bové (Constantí).

Intensia es un portainjerto de vigor medio (Figura 5), adaptado a suelos calcáreos y a condiciones de sequía, muy interesante para plantaciones intensivas y superintensivas. Este presenta características similares a los portainjertos semienanizantes del mercado, pero con una buena compatibilidad con almendro y melocotonero.



Figura 5. Planta de Intensia en invernadero.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE INTENSIA

A continuación, se detallan algunas de las características que definen al portainjerto Intensia.

1. Características agronómicas

Vigor inferido a la variedad: reducido, alrededor de un 40-50% menor que 'GF-677'.

o Ensayo en secano de 7 años en Mas de Bover: 50% de reducción de vigor respecto a 'GF-677' y 36% de reducción respecto a 'Garrigues'.

o Ensayo en regadío de 11 años en Les Borges Blanques: 30-40% de reducción de vigor respecto a 'GF-677'.

Compatibilidad: buena.

Rebrotos: ausencia de rebrotos.

Época de floración: puede retrasar la floración de la variedad entre 2-3 días respecto a 'GF-677'.

Precocidad en maduración: anticipa maduración entre 3-4 días respecto a 'GF-677'.

Productividad: muy productivo, similar a 'GF-677'.

Eficiencia productiva: muy elevada, similar 'GF-677'.

Precocidad en la entrada en producción: precoz.

Regularidad en la producción: buena.

Calibre del grano: calibres similares a 'GF-677'.

2. Tolerancia a estreses bióticos y abióticos

Sequía: similar a 'GF-677'.

Asfixia: similar a 'GF-677'.

Clorosis: tolerante y adaptado a suelos calizos.

Salinidad: similar a 'GF-677'.

Nematodos agalladores y lesionadores: susceptible.

Hongos de suelo: en evaluación.

3. Comportamiento en vivero

Propagación: por cultivo in vitro similar a 'INRA GF-677'.

Adaptabilidad: se adapta muy bien a las diferentes zonas agroclimáticas de España.

Porte: erecto y compacto.

Otras características: en vivero planta vigorosa con crecimiento vertical sin brotes basales ni anticipados. Facilidad de recogida de estaquillas leñosas.

COMPORTAMIENTO DE INTENSIA EN ENSAYOS

El portainjerto Intensia ha sido evaluado en diferentes ensayos en fincas experimentales propias del IRTA (Figura 6), y a posteriori, después de comprobar su buen comportamiento agronómico, se cedió a diferentes entidades

y organizaciones para su evaluación a nivel comercial (Figura 7 y 8). A continuación, se detalla la información generada sobre el portainjerto evaluado en distintas condiciones agroclimáticas y distintos modelos productivos.



Figura 3. Ensayos de Intensia a las fincas experimentales IRTA



Figura 7. Ensayos de Intensia a Castilla-La Mancha y Cataluña.



Figura 8. Ensayos de Intensia en Extremadura.

En un primer ensayo, en los años 80, para evaluar el comportamiento agronomico de distintos portainjertos obtenidos en Mas de Bover, plantados sin injertar y en condiciones de secano, se observó que Intensia mostraba un vigor reducido, significativamente menor que GF-677 y que 'Garrigues' (Felipe *et al.*, 1997).

A posteriori, con el interés del sector en portainjertos de reducido vigor para su utilización en nuevos modelos de alta densidad (Miarnau *et al.*, 2016), se realizaron nuevos ensayos con Intensia en Les Borges Blanques y en Mas Bové. En uno de esos ensayos plantado en 2010 a yema dormida en la en Les Borges Blanques, 'Intensia' se comparó con 9 portainjertos distintos (Lordan *et al.*, 2019). Estos se injertaron con dos variedades IRTA, 'Marinada' (vigor medio-bajo) y 'Vairo' (vigor alto), a un marco de 5 x 4,5 m, formados con vaso clásico y con plena dotación de riego. Respecto a la fecha de floración y maduración, el efecto del portainjerto Intensia

fue reconocible, retrasando entre 2-3 días la floración y avanzando entre 3-4 días la fecha de maduración, respecto a 'GF-677' (Figura 10 y 11).

Respecto al vigor inferido, factor clave de Intensia, este redujo la sección del tronco de la variedad 'Marinada' entre un 40% (Figura 12). Esta reducción de vigor, junto con una muy buena productividad acumulada obtenida, le estableció como uno de los portainjertos más eficientes productivamente del ensayo (Figura 13), sin penalizar ni el rendimiento ni el peso del grano, ya que además estos fueron de los valores más elevados (Figura 14 y 15).

En resumen, se consideró al portainjerto Intensia como óptimo para plantaciones de almendro de media y alta densidad (667-2.000 árboles/ha) debido a la elevada eficiencia productiva y económica.

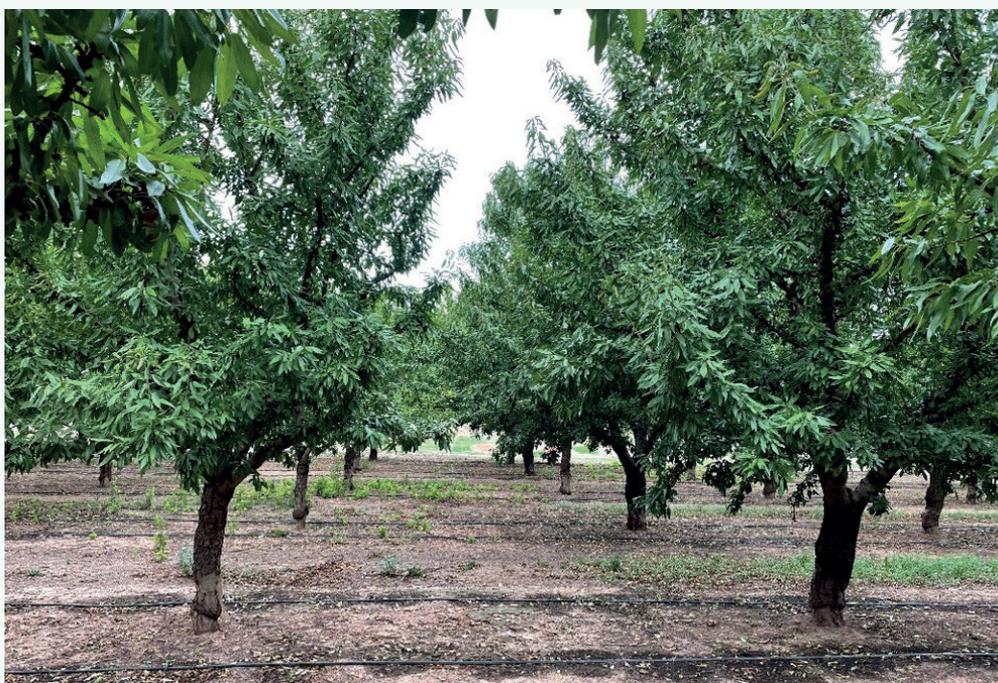


Figura 9. Diferencia de vigor inferido por el portainjerto 'Intensia' (fotografía de la izquierda) y por 'GF-677' (fotografía de la derecha) sobre la variedad 'Marinada'.

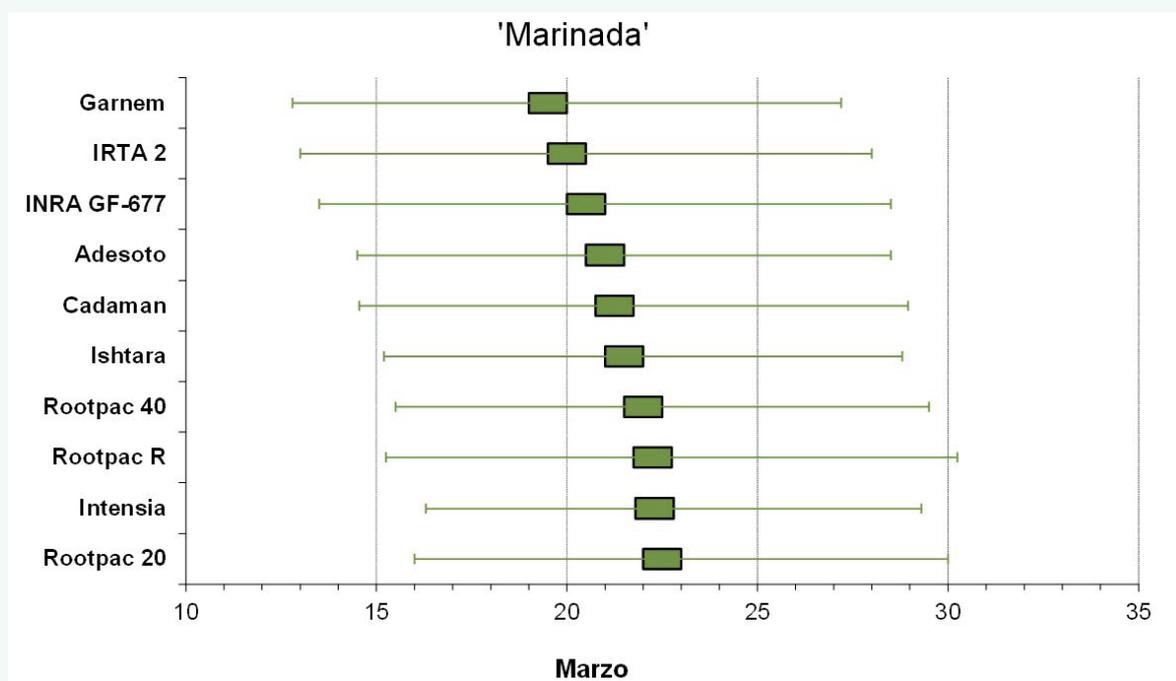


Figura 10. Fecha de inicio, plena y final de la floración de la variedad 'Marinada' injertada en diferentes portainjertos (el rectángulo verde indica la fecha de plena floración). Datos medios de 5 años (Lordan *et al.*, 2019).

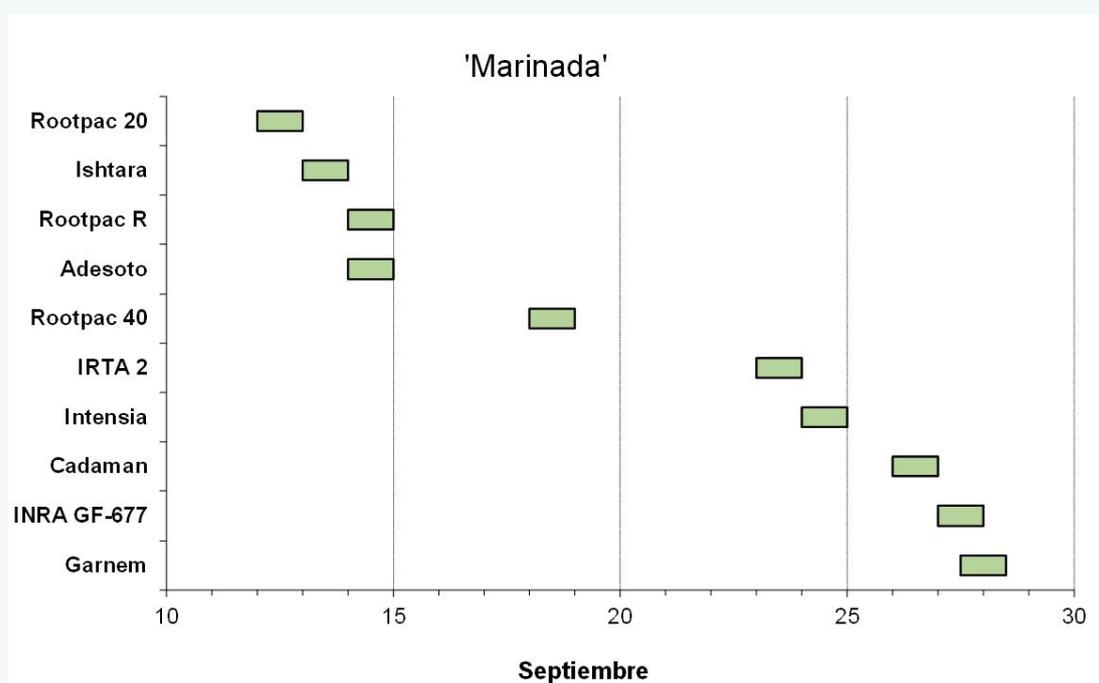


Figura 11. Fecha de maduración (considerada cuando existen >75% de los frutos con el mesocarpio abierto) de la variedad 'Marinada' injertada en diferentes portainjertos (el rectángulo verde indica la fecha de maduración). Datos medios de 5 años (Lordan *et al.*, 2019).

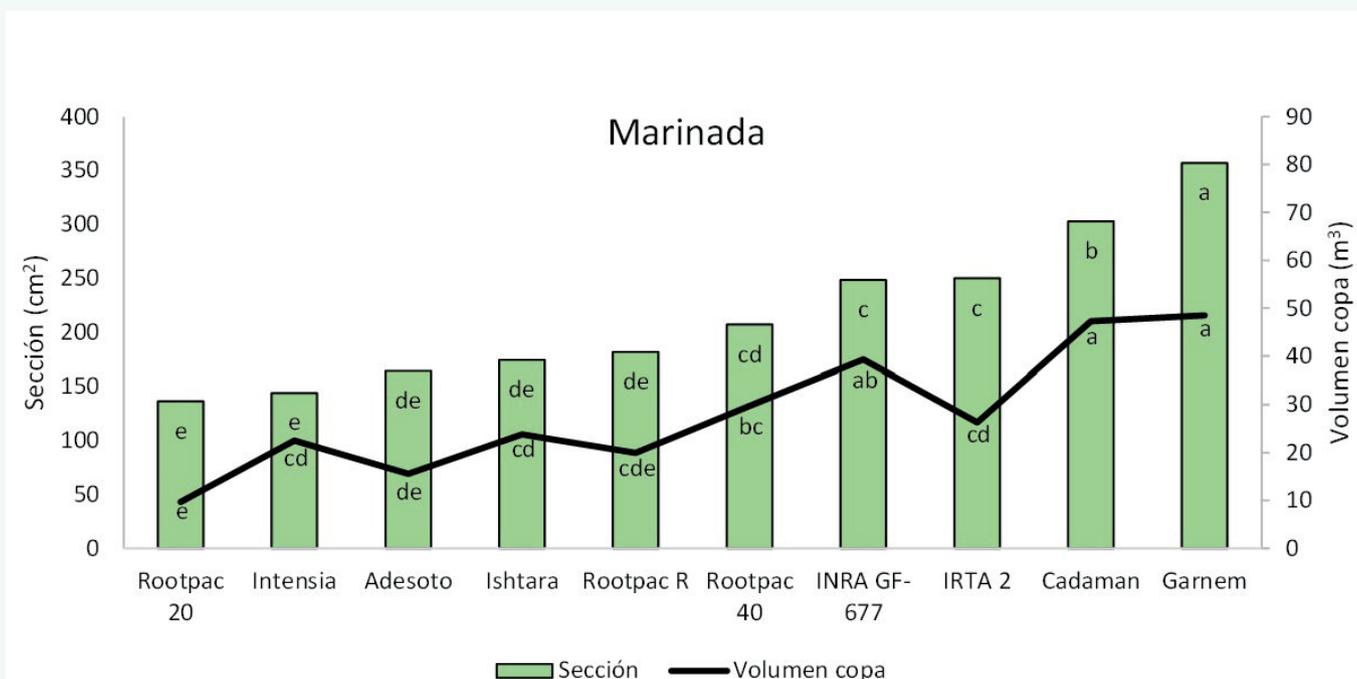


Figura 12. Sección del tronco (cm²) y volumen de la copa (m³) acumulado de los diferentes portainjertos con la variedad 'Marinada'. Datos acumulados de 8 años (Lordan et al., 2019). Las barras o líneas con letras diferentes presentan diferencias significativas entre portainjertos (Test de Tukey, $P \leq 0,05$).

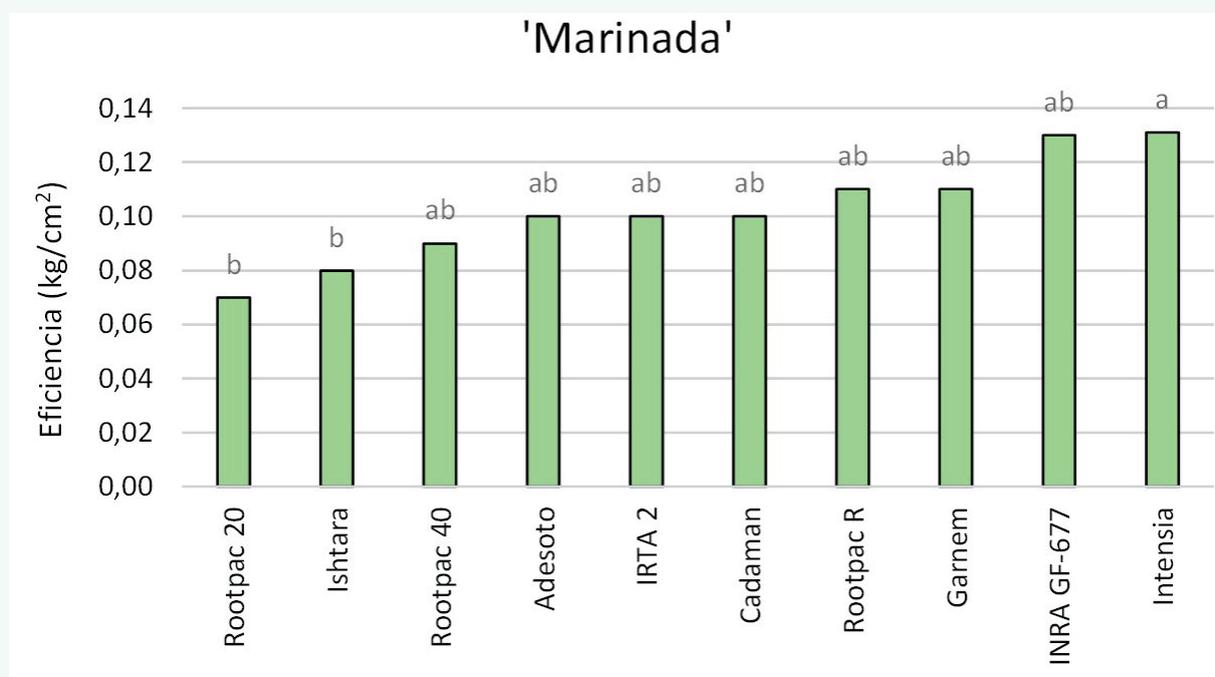


Figura 13. Eficiencia productiva (kg de grano/cm² de sección de tronco) de la variedad 'Marinada' sobre diferentes portainjertos (Lordan et al., 2019). Las barras con letras diferentes presentan diferencias significativas entre portainjertos (Test de Tukey, $P \leq 0,05$).

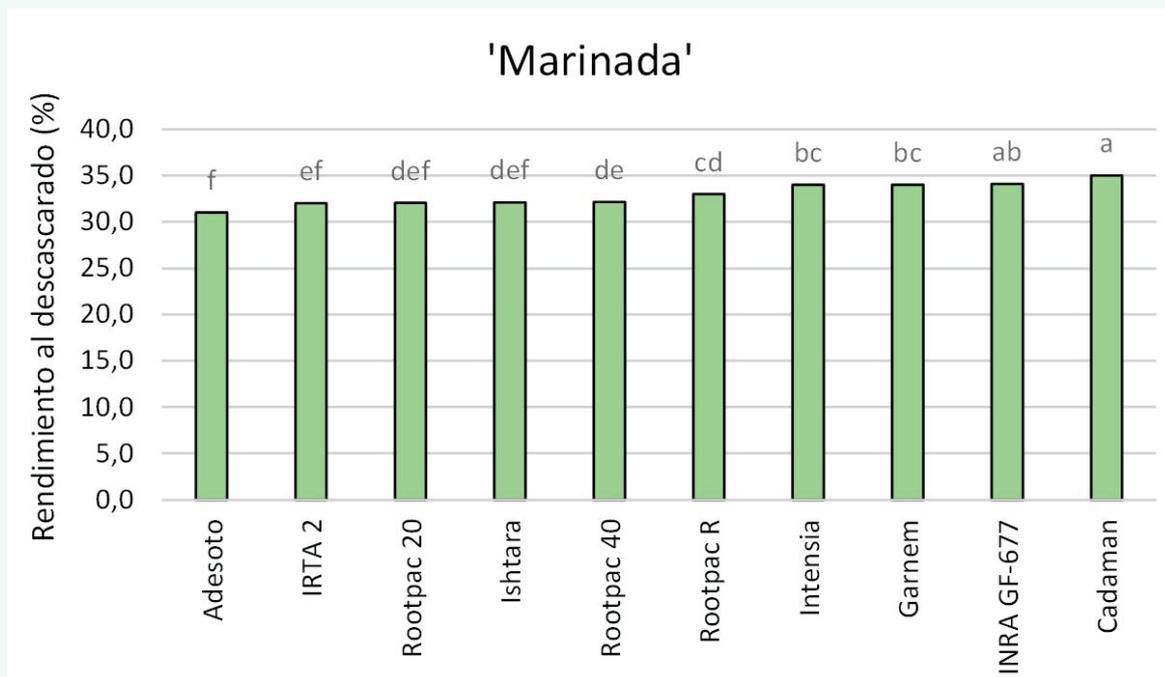


Figura 14. Rendimiento grano/cáscara (%) de la variedad 'Marinada' sobre diferentes portainjertos. Datos medios de 6 años (Lordan et al., 2019). Las barras con letras diferentes presentan diferencias significativas entre portainjertos (Test de Tukey, $P \leq 0,05$).

En la misma parcela, durante el 2018 y 2019, se realizaron estudios de eficiencia en el uso del agua con los mismos portainjertos sometidos a diferentes dotaciones de riego (Bellver et al., 2021 y Reig *et al.*, 2022). En ellos se constató que 'Intensia' tenía un comportamiento muy similar a 'GF-677', siendo muy eficiente en el uso del agua, como así lo demostró la relación entre productividad y evapotranspiración (Figura 15 y 16) y el contenido de clorofila y la conductancia estomática (Reig *et al.*, 2022).

A posteriori, el portainjerto Intensia se plantó en dos ensayos distintos, pero ya solo con un diseño de alta densidad en Les Borges Blanques (Figura 17, 18 y 19) y con varios diseños productivos en Mas Bové (Tabla 1). En primer ensayo se plantó en mayo de 2016, para comparar Intensia con 'GF-677' y 'Rootpac 20' en alta densidad (3,5 m x 1,25 m), con la variedad Vairo, tanto en formación en seto como en eje. Aquí también se pudo constatar que 'Intensia' retrasaba la floración entre 2 y 3 días, reducía el vigor en un 25-30% de 'Vairo' y presentaba una buena eficiencia productiva, similar a 'GF-677'.

En el segundo ensayo, plantado en Mas Bové en enero de 2012 solo con Intensia para comparar 3 modelos productivos (vaso de poda mínima, eje central y seto), las producciones de los tres modelos se acercan y en algunos casos superan los 3.000 kg de grano/ha. Es importante destacar la precocidad el eje central y del seto en las dos variedades y la producción acumulada, siendo el seto el que presentó la máxima productividad acumulada.

Como conclusión de los diferentes años de ensayos y evaluación de portainjertos y variedades en almendro, se debe de señalar la necesidad de diseñar las nuevas plantaciones con combinaciones variedad x portainjerto que aúnan las características necesarias para maximizar el potencial de cada interacción en cada zona agroclimática particular. Por lo tanto, las decisiones se deben de tomar de acuerdo a la prioridad con respecto al vigor, el volumen de copa, la productividad, el tamaño del grano, la eficiencia para optimizar la densidad de plantación e incluso la fenología (floración y maduración). Y en ese sentido el nuevo portainjerto 'Intensia' junto con las nuevas variedades de almendro puede jugar un papel muy importante y destacado.

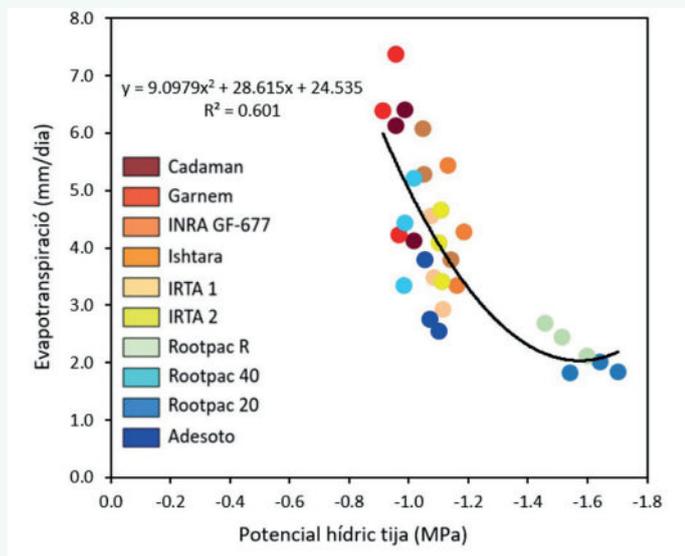


Figura 15. Relación entre el potencial hídrico de tallo y la evapotranspiración de los diferentes portainjertos de almendro evaluados con la variedad 'Marinada' (Bellvert et al., 2021).

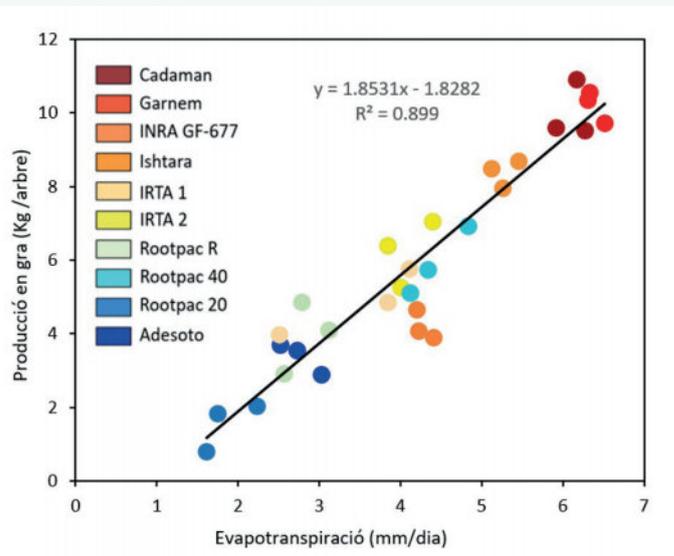


Figura 16. Relación entre la producción en grano (kg/árbol) y las estimaciones de la evapotranspiración diaria de los diferentes portainjertos de almendro evaluados con la variedad 'Marinada' (Bellvert et al., 2021).

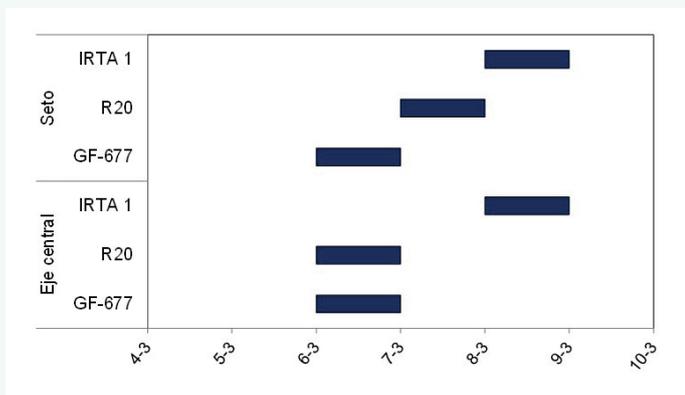


Figura 17. Época de floración de la variedad 'Vairo' injertada sobre tres patrones distintos. Ensayo de alta densidad IRTA en Les Borges Blanques, plantado en junio de 2016, con una marco de 3.5 x 1,25. Datos de 2 años.

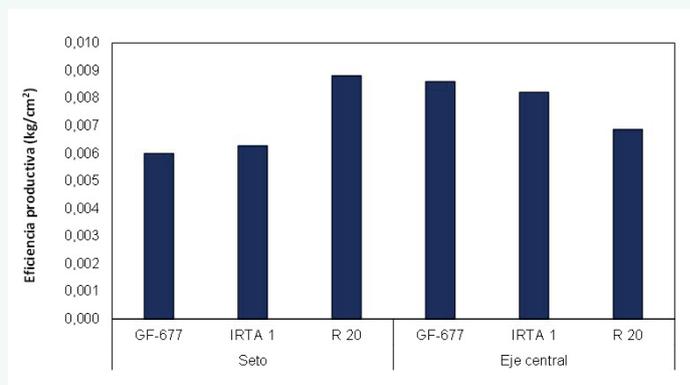


Figura 19. Eficiencia productiva (kg/cm² de sección de tronco) de la variedad 'Vairo' sobre diferentes portainjertos. Ensayo de alta densidad IRTA en Les Borges Blanques, plantado en junio de 2016, con una marco de 3.5 x 1,25 m. Datos de 3 años.

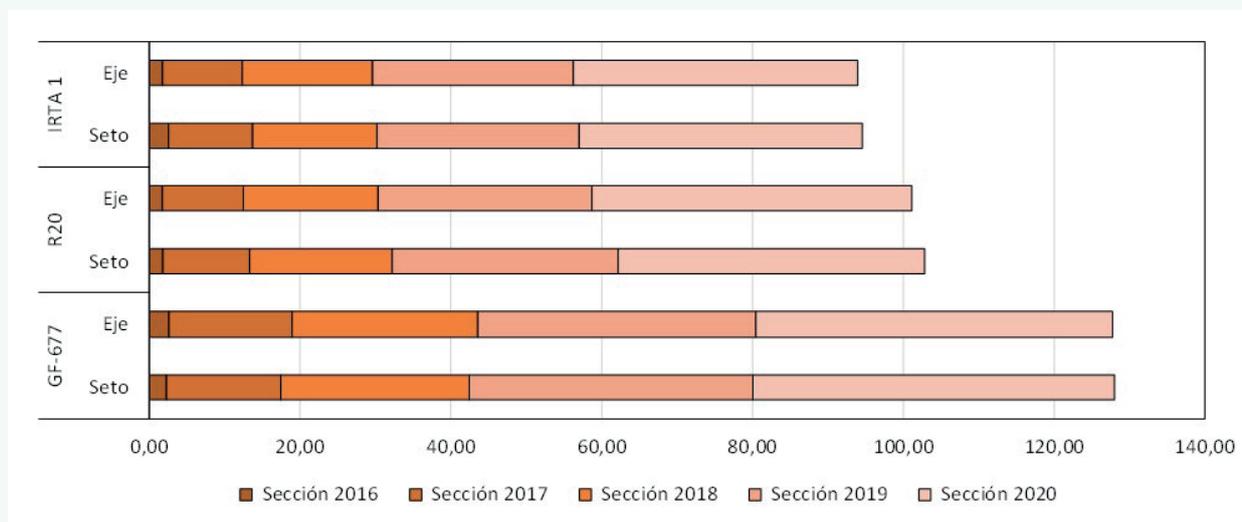


Figura 18. Vigor (sección del tronco) de la variedad 'Vairo' injertada sobre tres portainjertos distintos y dos sistemas de formación. Ensayo de alta densidad IRTA en Les Borges Blanques, plantado en junio de 2016, con una marco de 3.5 x 1,25 m.

Tabla 1. Producción del ensayo de modelos productivos en Mas Bové, con riego total (5.000-6.500 m³/ha|y año), con el portainjerto Intensia, plantado en enero de 2012, con plántones de raíz desnuda.

	Producción (kg/ha)			
	Vaso tradicional	Eje central	Seto (muro frutal)	
	Marco de plantación	6 m x 3 m	5 x 1,5 m	4 m x 1 m
Árboles/ha	596	1250	2500	
'Vairo'	2º año (2013)	24	114,1	244
	3º año (2014)	1.201	1,341	1.763
	4º año (2015)	1.212	2,036	3.586
	5º año (2016)	688	743	501
	6º año (2017)	2.980	3,252	4.658
	7º año (2018)	1,028	778	584
	8º año (2019)	2,635	2,920	3423
	9º año (2020)	425	579	2,170
	Acumulado	10,193	11,763	16,930
'Marinada'	2º año (2013)	77	136	224
	3º año (2014)	488	863	2.032
	4º año (2015)	619	1,015	1.712
	5º año (2016)	1.266	1,362	2.314
	6º año (2017)	1.982	2,894	3.679
	7º año (2018)	1,460	1,316	1,879
	8º año (2019)	1920	2,236	2,256
	9º año (2020)	687	1,272	2,867
	Acumulado	8,497	11,094	16,962

BIBLIOGRAFIA

Bellvert, J., Nieto, H., Pelechá, A., Jofre-Cékalovic, C., Zazurca, L., Miarnau, X. (2021) Remote Sensing Energy Balance Model for the Assessment of Crop Evapotranspiration and Water Status in an Almond Rootstock Collection. *Front. Plant Sci.* 12:608.

Felipe, A.J. 1989. Rootstocks for almond. Present situation. *Options méditerranéennes. Serie A. Séminaires Méditerranéens* 5, 13-18.

FELIPE, A.; SHIMARD, M.H; ISAAKIDIS, A.; MONASTRA, F.; CABONI, E.; AVANZATO, D.; VARGAS, F.J.; ROMERO, M. 1997. Obtention et sélection de porte-greffes pour l'amandier multipliés par voie végétative. En: *Amélioration d'espèces à fruits à coque: noyer, amandier, pistachier*. E. Germain (ed.). *Options méditerranéennes, Serie B*, 16: 73-92.

Felipe, A.J. 2009. 'Felinem', 'Garnem', and 'Monegro' almond x peach hybrid rootstocks. *HortScience* 44 (1), 196-197.

Iglesias, I., Carbó, J. 2006. Situació actual, característiques i comportament agronòmic dels portaempelts de presseguer. *Dossier Tècnic* 17, 3-18.

Kester, D.E., Grasselly, C. 1987. Almond rootstocks, p. 265-293. In: Rom, R. C. and Carlson, R. F. (eds.), *Rootstocks for fruit crops*. Wiley, New York.

Lordan, J., Zazurca, L., Maldonado, M., Torguet, L., Alegre, S., Miarnau, X. 2019. Horticultural performance of 'Marinada' and 'Vairo' almond cultivars grown on a genetically diverse set of rootstocks. *Scientia Horticulturae* 256, 1-12.

Miarnau, X., Torguet, L., Batlle, I., Alegre, S. 2016. El cultivo del almendro en alta densidad. *Revista de Fruticultura* 49, 68-87.

Moreno, M., Tabuenca, M., Cambra, M. 1995. Adesoto 101, a plum rootstock for peaches and other stone fruit. *HortScience* 30(6), 1314-1315.
Pinochet, J. 2010. 'Replantpac' (Rootpac® R), a plum-almond hybrid rootstock for replant situations. *HortScience* 45(2), 299-301.

Reig, G., Iglesias, I., Zazurca, L., Torguet, L., Martínez, G., Miarnau, X. 2022. Physiological and agronomical responses of 'Vairo' almond and 'Big Top' cultivars grafted onto different Prunus rootstocks and grown under semiarid Mediterranean conditions. *Agronomy* 12: 821.

Rubio Cabetas, M.J. 2016. Almond Rootstocks: Overview. *Options Méditerranéennes A* 119, 133-143.

Socias i Company, R., Gomez Aparisi, J., Alonso, J., Rubio-Cabetas, M.J., Kodad, O. 2009. Retos y perspectivas de los nuevos cultivares y patrones de almendro para un cultivo sostenible. *Información Técnica Económica Agraria* 105, 99-116.

Wirthensohn, M., Iannamico, L. 2017. Almond in the southern hemisphere, p. 87-110. In: Socias i Company, R., Gradziel, T. M. (eds.), *Almonds: Botany, Production and Uses*. CABI.



SUMITOMO CHEMICAL

Creative Hybrid Chemistry
For a Better Tomorrow



Prolectus[®]

FUNGICIDA

**La nueva generación
antimonilia
para una producción
de alta calidad**





**Institut
de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries**

IRTA - Programa de Fructicultura
Fruitcentre - Parc Científic i Tecnològic Agroalimentari de Lleida
Parc de Gardeny, (25003) Lleida