



# Pilowred®

Eficiencia y sostenibilidad  
para los nuevos modelos  
agronómicos



**Beatriz Bielsa**

Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)



**Álvaro Montesinos**

Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas, Universidad Politécnica de Madrid



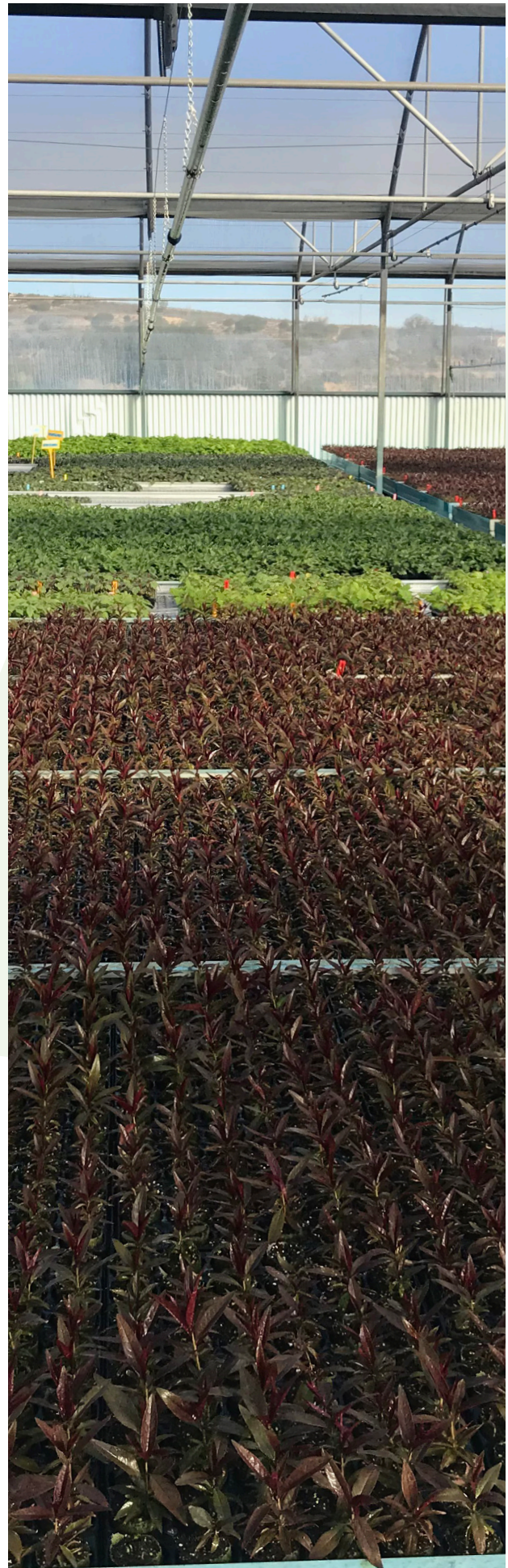
**María José Rubio-Cabetas**

Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza)

## Introducción

El almendro, también conocido como *Prunus amygdalus* Batsch; *P. dulcis* (Mill.) D.A. Webb, es un cultivo con cada vez más importancia en España y en toda la región mediterránea en términos de producción (FAOSTAT, 2022). En la última década, el cultivo de fruta de hueso en la cuenca mediterránea se ha enfrentado a limitaciones derivadas del cambio climático, incluida la escasez de agua y la prevalencia de suelos calcáreos. Además, las bajas necesidades de frío en muchas zonas del Mediterráneo o climas similares hacen que el papel de los portainjertos juegue también un papel importante.

Actualmente, en España conviven las plantaciones tradicionales de secano con los nuevos sistemas de cultivo con marcos de plantación más estrechos. Estos nuevos sistemas emplean cultivares auto compatibles, fertirrigación localizada y mecanización casi integral, para lograr un manejo de cultivos más sostenible y eficiente. Igualmente, en muchas zonas de España con suelos arenosos, tenemos la presencia de nematodos agalladores (RKN) del género *Meloidogyne* spp., donde la resistencia genética es la única arma eficiente para su lucha debido a la prohibición de todos los productos de fumigación del suelo. Las enfermedades de cuello y de raíz son objetivos prioritarios de los programas de mejora genética de portainjertos y por ello trabajamos en la selección y desarrollo de nuevos genotipos capaces de satisfacer estas necesidades. En el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) se ha seleccionado un nuevo portainjerto de almendro x melocotonero denominado Pilowred®. Este nuevo portainjerto es compatible con diferentes especies de *Prunus*, pero especialmente para el cultivo de almendro y melocotonero.



Pilowred® es un portainjerto clonal obtenido por propagación vegetativa y es descendiente del almendro [*Prunus amygdalus* Batsch, syn. *P. dulcis* (Mill.)] ‘Garfi’ como parental femenino y melocotón [*P. persica* (L.) Batsch] ‘Nemared’ como el padre masculino. ‘Garfi’ (Figura 1) es una planta Fi descendiente de ‘Garriges’ (Figura 2) (Felipe, 2013) que fue seleccionado como madre por su crecimiento erecto (Figura 3) y su fácil propagación vegetativa.

‘Nemared’ fue elegido por su resistencia a los nematodos agarradores del género *Meloydoigyne* (RKN) y su característico color rojo. En definitiva, pertenece a una nueva selección de los híbridos rojos de la serie GN como sus hermanos los conocidos Garnem®, Felinem® y Monegro® (Felipe, 2009).

Entre las características más destacadas de este nuevo portainjerto se encuentran su bajo vigor, y efecto enanizante lo que se traduce en una mayor productividad de la variedad injertada, y su hábito de crecimiento apical, su fácil propagación vegetativa y buena compatibilidad del injerto, su necesidad de un período de

descanso invernal más corto, su rápida entrada en producción y su mejor eficiencia en el uso del agua (WUE).

Pilowred® también destaca por su buena propagación in vitro una vez en vivero se observa el bajo nivel de ramificación de sus brotes (Figura 4). Al igual que se observaba con los otros híbridos almendra x melocotón, Garnem®, Felinem® y Monegro® (Felipe, 2009), sus hojas tienen un color marrón rojizo. Esta peculiaridad facilita el trabajo de vivero, junto con otras características como su baja ramificación, largo período vegetativo y brotación temprana, lo que permite la producción de vivero en períodos de tiempo más cortos. Además, Pilowred® exhibe una buena compatibilidad de injerto con numerosas variedades de almendra, melocotoneo, nectarinas, así como algunas variedades de ciruelos diploides.



Figura 1. Esquejes de ‘Garriges’ que mostraron la capacidad de enraizamiento de esta variedad de almendro.



Figura 2. Esquejes enraizados de una planta de la F1 de ‘Garriges’ que se denominó ‘GARFI’.



Figura 3. Esquejes de ‘Garfi’ enraizados en campo. Puede observarse el crecimiento erecto y poco ramificado de las plantas.



Figura 4. Planta de ‘Pilowred’ sin injertar en vivero. Puede observarse el crecimiento erecto y poco ramificado de las plantas.

En la misma línea, se están estudiando los mecanismos moleculares que regulan la arquitectura del almendro, la influencia del portainjerto y la interacción entre éste y la variedad a la hora de desarrollar un porte o unas ramificaciones determinadas y así, seleccionar patrones y variedades con distintos tamaños y portes que puedan satisfacer las necesidades de los nuevos sistemas de cultivo en marcos más estrechos (Montesinos et al., 2021).

### Portainjerto enanizante y de bajo vigor

Montesinos et al., (2021,2022) evidenciaron en un estudio que incluía 30 combinaciones con 6 variedades injertadas en 5 portainjertos que se incluía Pilowred®.

En este estudio se observaron entrenudos más cortos en comparación con las variedades injertadas en los portainjertos más vigorosos como Garnem® y Rootpac 40®. Las variedades injertadas en Pilowred® tienen una menor presencia de ramas silépticas, cuya producción esta correlacionada con portainjertos vigorosos. Los árboles sin injertar de Pilowred® presentan un vigor medio, distinto a otros híbridos como Garnem® (Figura 5).

En vivero, las plantas sin injertar presentan un crecimiento con porte erecto y pocas o ninguna ramificación durante el primer año. En variedades injertadas sobre Pilowred®, se observan entrenudos más cortos a los que presenta si estuvieran injertadas estas variedades en patrones más vigorosos como Garnem® y Rootpac® 40, presentándose un menor número de ramas silépticas, como ocurre con patrones de bajo vigor como Rootpac® 20 (Figura 7) (Montesinos et al., 2021, 2022).

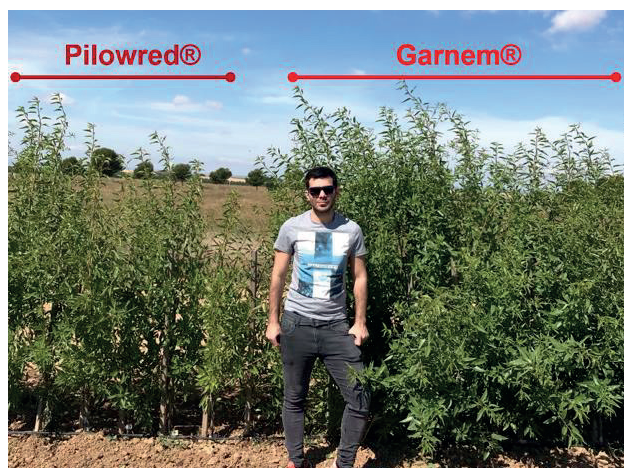


Figura 5. Diferencias de vigor en plantas de dos años de la variedad *Mardía*® injertada en *Pilowred*® (a la izquierda) y *Garnem*® (a la derecha).

TCSA (cm <sup>2</sup> )	Pilowred®	Garnem®	TCSA (cm <sup>2</sup> )	Pilowred®	Garnem®
CI-149	5.73	20.43	CI-011	9.08	22.06



TCSA (cm <sup>2</sup> )	Pilowred®	Garnem®	TCSA (cm <sup>2</sup> )	Pilowred®	Garnem®
CI-246	10.18	22.06	CI-033	8.55	26.42



TCSA (cm <sup>2</sup> )	Pilowred®	Garnem®	TCSA (cm <sup>2</sup> )	Pilowred®	Garnem®
CI-249	8.55	26.42	CI1-207	14.52	18.10



TCSA (cm <sup>2</sup> )	Pilowred®	Garnem®	TCSA (cm <sup>2</sup> )	Pilowred®	Garnem®
CI-085	8.55	25.52	CI-090	22.06	22.06



Figura 6. Comparación del vigor conferido por *Pilowred*® y *Garnem*® a distintos clones de almendro en una plantación de tres años de edad.

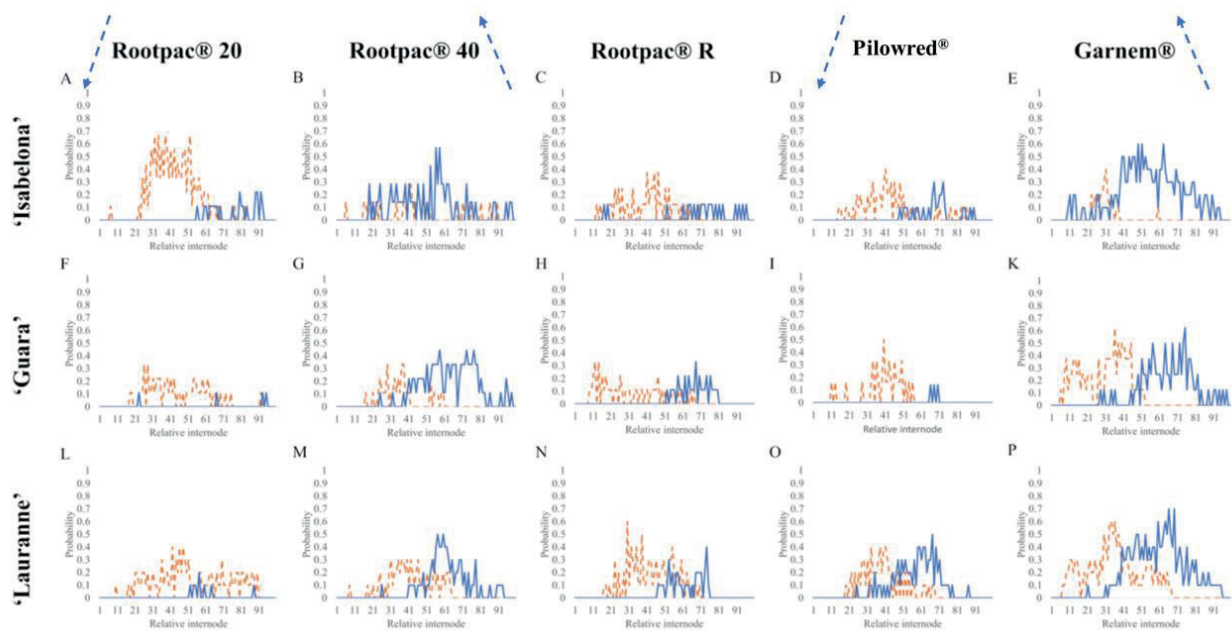


Figura 7. Probabilidad de aparición de ramas prolépticas y silépticas de acuerdo con la posición del nudo a lo largo de ramas de dos años en 15 combinaciones de patrón-variedad diferentes en almendro. La probabilidad en cada entrenudo se representa de forma relativa en una rama de 100 entrenudos, refiriéndose el 0 a la base y el 100 al ápice.

En cuanto al vigor que confiere a las variedades injertadas, se ha comprobado que los efectos en el valor de sección transversal del tronco (TCSA - Trunk Cross Section Area) en la variedad son menores que por producidos por otros patrones más vigorosos como Garnem® (Figura 6) y Rootpac® R y siendo estos efectos

de Pilowred® similares los inducidos por otro patrón de bajo vigor como es Rootpac® 20 (Figuras 8 y 9A). Así, cuando se analizaron los valores de TCSA en función de la variedad injertada, se observó que, así como en Soleta® y 'Lauranne' no presentaban diferencias significativas entre los distintos patrones, mientras

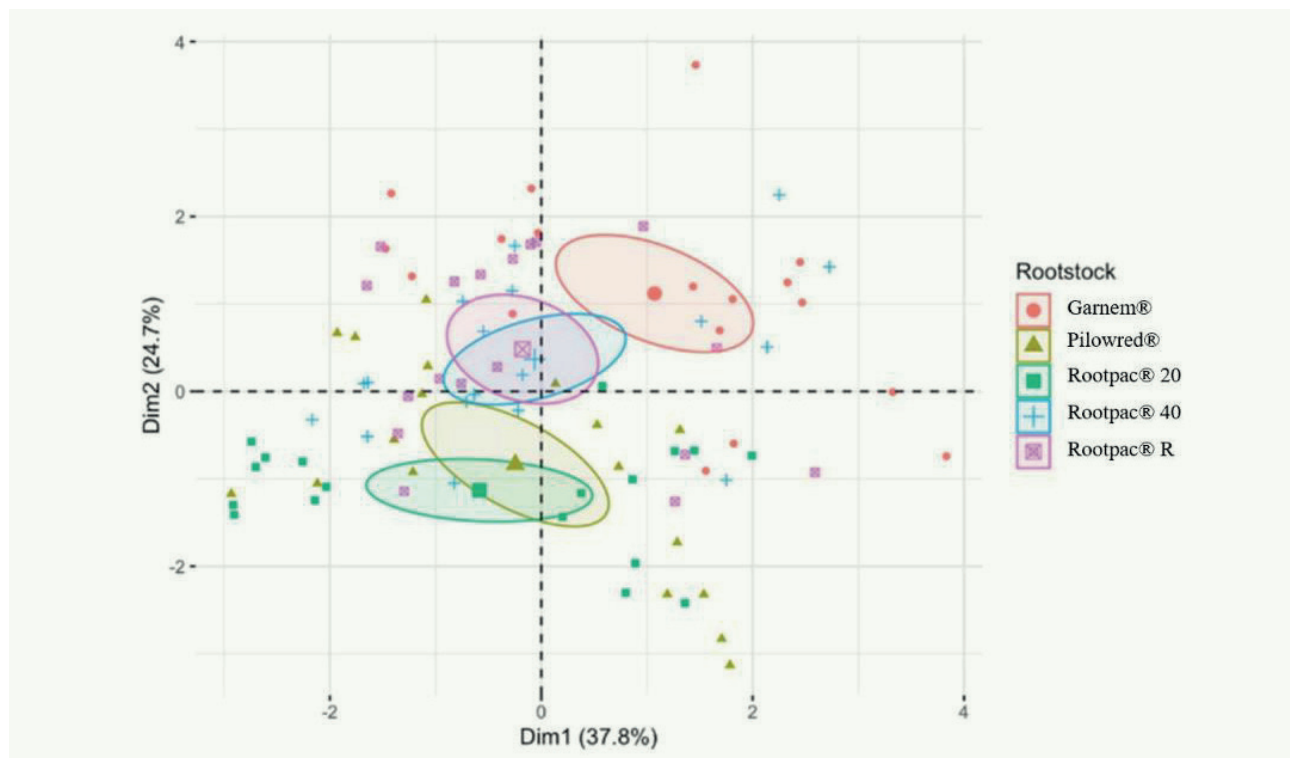


Figura 8. Análisis de componentes principales de treinta combinaciones de variedad y patrón. Las combinaciones fueron medidas con siete descriptores de arquitectura y vigor: longitud del eje central, longitud media de los internudos, número de ramas, número de ramas largas (> 20 cm), número de ramas secundarias, porcentaje de ramas por entrenudo y la distribución de las ramas en el tronco.

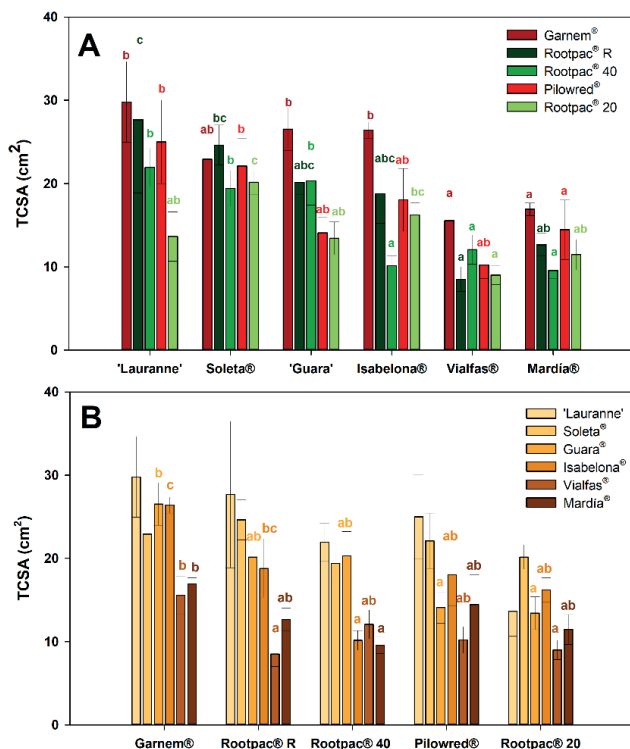


Figura 9. Valores de la sección transversal del tronco (TCSA – Trunk Cross Section Area) en seis variedades comerciales de almendro injertadas en cinco patrones con distinto vigor en plantas de dos años de edad. A: Diferencias entre variedades para cada patrón. B: Diferencias entre patrones dentro de cada variedad. Valores con la misma letra no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ) según la prueba de rango múltiple de Tuckey. Las barras de error representan el error estándar de la media.



Figura 10. Pilowred® en vivero. Detalle de su característica hoja roja típica de la serie GN.

que en Isabelona®, Vialfas®, Mardia® y 'Guara' estas diferencias eran significativas entre los patrones de menor vigor (Pilowred® y Rootpac® 20) respecto a los de mayor vigor (Garnem® y Rootpac® R) (Figura 9B).

Control del vigor del árbol, alta eficiencia productiva y buena calidad de fruto en los nuevos portainjertos híbridos. En un estudio publicado recientemente se han presentado los resultados del comportamiento de este portainjerto portainjerto híbrido Pilowred®, en diferentes marcos de plantación y distintas variedades cultivares para evaluar su idoneidad para su uso en sistemas más tecnificados, como el Super Efficient System (SES) y en marcos más tradicionales (Bielsa et al., 2022).

### Fácil propagación vegetativa – Hoja roja

Pilowred® es un patrón con una buena propagación, tanto mediante propagación in vitro como por estaquillado a yema dormida y a yema prendida. Este estaquillado es fácil de obtener debido al bajo nivel de ramificación de sus brotes. Además, al igual que el resto de los híbridos almendro × melocotonero Garnem®, Felinem® y Monegro®, sus hojas son de una tonalidad roja amarroada (Figura 10). Esta peculiaridad facilita los trabajos en vivero, junto con otras como su escasa ramificación, su largo periodo vegetativo y su temprana entrada en brotación que permiten una producción en vivero durante periodos de tiempo más cortos. Además, presenta una buena compatibilidad de injerto con numerosos cultivares de almendro, melocotón y nectarina, así como con algunos ciruelos diploides (japoneses y similares)

### Resistencia a nemátodos agalladores

La presencia de nemátodos agalladores, *Meloidogyne* spp. (RKN – Root Knot Nematodes) en las parcelas de cultivo de frutales en regadío y en suelos arenosos causa numerosas pérdidas para el sector frutícola. Principalmente son tres las especies que más afectan a los frutales del género *Prunus* en zonas mediterráneas: *M. arenaria*, *M. incógnita* y *M. javanica* (Esmenjaud et al., 2009). Pilowred® es un patrón con resistencias a *M. armenaria*, *M. incógnita* (Figura 6), además de a *M. ethiopica*; siendo sensible a *M. javanica* y *M. floridensis* (Esmenjaud, 2021). La tolerancia a factores bióticos: incorporación de resistencias a plagas y enfermedades, tanto a las actuales como a las emergentes. Entre ellas, cabría destacar la incorporación de resistencia/tolerancia a *Phytophthora* o *Armillaria* en por-

tainjertos de manzano y peral con fácil propagación clonal. La solución a los nematodos agalladores se ha ido desarrollando los híbridos de hoja roja de la serie 'Garfi' x 'Nemared' (GxN): Garnem®, Felinem® y Monegro® (Felipe, 2009). Estos aportaban la resistencia a nematodos (Figura 11), además de otros caracteres de interés como el tamaño de la planta, vigor, productividad y la facilidad de propagación.

Su éxito radica principalmente en transmitir un buen vigor, su resistencia a nematodos del género *Meloidogyne*, su adaptación a suelos calcáreos y buena tolerancia a clorosis, además de un buen comportamiento en replantación. Posteriormente, se ha desarrollado la identificación de los genes asociados a la resistencia de nematodos agalladores en almendro que facilitará los trabajos de selección y la introducción de este carácter resistente en las nuevas selecciones (Duval et al., 2014, Bielsa et al., 2023) para su uso en los nuevos portainjertos del género *Prunus* con base genética de almendro, ciruelo y melocotonero, tolerantes a la asfixia de raíces en suelos pesados, a nematodos agalladores y a la caliza activa en suelos calizos con pH elevado y algunos de ellos además con un eficiente control del vigor (Iglesias et al., 2020).

### Más sostenible – Uso eficiente del agua

Una de las problemáticas más acuciantes que repercuten en el manejo del cultivo de frutales es hacer frente a las sequías extremas, cada vez más frecuentes. La selección de material vegetal adaptado a estas nuevas condiciones edafoclimáticas es esencial. Se ha demostrado que Pilowred® presenta un uso eficiente del agua (WUE) mejor que otros patrones tolerantes a la sequía como Garnem®, Felinem®, Monegro® o 'GF-677', con una estimación en el UEA cercano a especies silvestres emparentadas con el almendro (Figura 12) (Bielsa et al., 2018). Además, su nivel de tolerancia a la clorosis férrica es similar a la de patrones conocidos como 'GF-677' (Felipe, 2019). Estas características de Pilowred® hacen posible un manejo más sostenible del cultivo, reduciendo los insumos y por tanto los costes. Como ocurre en la mayoría de los patrones híbridos almendro x melocotonero, Pilowred® presenta una baja tolerancia a la asfixia radicular causada por inundaciones.

Sin embargo, su adaptación a suelos pobres con buen drenaje es buena. Se sabe que los portainjertos de la serie GxN presentan una adaptación al estrés por sequía. Pilowred® destaca entre Garnem®, Felinem® y

Monegro® por su mayor WUE, así como otros portainjertos como 'GF-677', con una estimación de la tasa de WUE cercana a las especies relativas silvestres de almendra (Bielsa et al., 2018). Además, su nivel de tolerancia a la clorosis férrica es similar al de otros portainjertos comerciales como 'GF-677' (Felipe, 2019).



Figura 11. Nematodos agalladores (RKN) en la raíz. Fenotipos resistentes de Pilowred® y Garnem® a *M. incognita*.

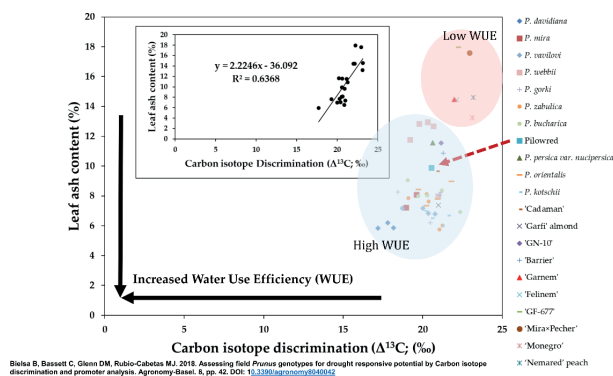


Figura 12. Estimación del uso eficiente del agua (UEA-WUE) a través del análisis de la discriminación del isótopo 13 del carbono ( $\Delta^{13}C$ ) en distintas especies de *Prunus* spp., incluyendo especies silvestres emparentadas con el almendro.

## Conclusiones

La selección de Pilowred® destaca por la necesidad de obtener un patrón con un periodo de reposo invernal más corto y mayor uso eficiente del agua, que confiera a la variedad con una brotación temprana y rápida entrada en producción adaptándose a las condiciones extremas asociadas al cambio climático y respondiendo, además, a limitaciones propias de la región de cultivo mediterránea como son la clorosis férrica o a la presencia de nemátodos y siendo por el bajo vigor otorgado a la variedad una opción adecuada para su uso en los nuevos sistemas de plantación del tipo SES, con marcos más ajustados en intensivo y superintensivo.

## Agradecimientos

Se quiere agradecer la inestimable colaboración de Antonio Felipe como obtentor de Pilowred®. Este trabajo es parte del proyecto de I+D+i RTI2018-094210-RI00 financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033, además de por el Gobierno de Aragón—Fondo Social Europeo, Unión Europea (Grupo Consolidado A12).



## Bibliografía

Bielsa, B., Bassett, C., Glenn, D.M., Rubio-Cabetas, M.J. (2018). Assessing field Prunus genotypes for drought responsive potential by carbon isotope discrimination and promoter analysis. *Agronomy*, 8(4), 42. <https://doi.org/10.3390/agronomy8040042>

Bielsa B., Maldera F., Rubio-Cabetas M.J. (2022) Pilowred®: un nuevo portainjerto resistente a nemátodos que confiere un vigor reducido. Resultados preliminares en varias localizaciones. *Actas de Horticultura.X Congreso de Mejora Genética de Plantas, SECH. 19-22 septiembre 2022. Pontevedra, España.*

Bielsa B., Rubio-Cabetas, M.J., Grimplet, J. (2023). New biomarker approach for RKN resistance in Prunus progenies. VIII International Symposium on Almonds and Pistachios. 7-11 de mayo de 2023.

Davis, CA, EEUU. Esmenjaud, D. (2021). Deciphering resistance to root-knot nematodes in Prunus for rootstock breeding: Sources, genetics and characterization of the Ma locus. In *Horticulturae* (Vol. 7, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120564>

Esmenjaud, D., Voisin, R., van Ghelder, C., Bosselut, N., Lafargue, B., di Vito, M., Dirlwanger, E., Poëssel, J. L., & Kleinhentz, M. (2009). Genetic dissection of resistance to root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. in plum, peach, almond, and apricot from various segregating interspecific Prunus progenies. *Tree Genetics and Genomes*, 5(2), 279–289. <https://doi.org/10.1007/s11295-008-0173>

Felipe, A. J. (2019). Origen y selección de los patrones 'Garnem', 'Felinem' y 'Monegro'. *Revista de Fruticultura*. Núm. 67. pp7-21. Editorial Técnica Quatrebcn (España). ISSN 2013-5742

Felipe, A. J. (2009). 'Felinem', 'Garnem', and 'Monegro' almond × peach hybrid rootstocks. *HortScience*, 44(1), 196–197. Iglesias I, Torrents, J (2020) Millora Genètica de portaempelts de presseguer: la visió des d'una empresa viverística. In: Dossier Tècnic DARP num. 103: "Novetats en portaempelts de presseguer".

Montesinos, Á., Grimplet, J., & Rubio-Cabetas, M. J. (2022). Proleptic and Sylleptic Shoot Formation Is Affected by Rootstock Genotype in Two-Year-Old Branches of Almond Trees. *Agronomy*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy12092006> Montesinos, Á., Thorp, G., Grimplet, J., & Rubio-Cabetas, M. J. (2021). Phenotyping almond orchards for architectural traits influenced by rootstock choice. *Horticulturae*, 7(7), 1–15. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070159>



P/Manuel Raventós 3-5 | 08770 Sant Sadurní d'Anoia  
info.es@agromillora.com

