



Sociedad  
Española  
de **Ciencias  
Hortícolas**

**86**

**OCTUBRE  
2021**

# **ACTAS DE HORTICULTURA**

**Comunicaciones Técnicas  
Sociedad Española de  
Ciencias Hortícolas**

**XVI Congreso Nacional de  
Ciencias Hortícolas**

**Córdoba  
17-21 de octubre de 2021**

# Caracterización del efecto de la interacción injerto-portainjerto en rasgos de la arquitectura del almendro

A. Montesinos<sup>1,2\*</sup>, G. Thorp<sup>3</sup>, J. Grimplet<sup>1,2</sup>, M.J. Rubio-Cabetas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Hortofruticultura. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Av. Montañana 930, 50059, Zaragoza, España.

<sup>2</sup> Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, España

<sup>3</sup> Plant & Food Research Australia Pty Ltd., 3206 Melbourne, Australia

**Autor para correspondencia:** [amontesinos@cita-aragon.es](mailto:amontesinos@cita-aragon.es)

**Palabras clave:** vigor, porte, patrón, variedad, Prunus.

## Resumen

La adaptación a las condiciones ambientales y edafoclimáticas determina el potencial agronómico de los cultivares de almendro (*Prunus amygdalus* (L.) Batsch, syn *P. dulcis* (Mill.)). El efecto del portainjerto en el vigor y la arquitectura de la variedad es una parte fundamental de esta adaptación. La implantación de nuevos sistemas de cultivo, con más número de árboles por hectárea, requiere el desarrollo de árboles menos vigorosos, y hábitos de crecimiento que hagan más sostenible el cultivo y aumente su rentabilidad. Muchos estudios han caracterizado el efecto del patrón en el vigor del árbol, sin embargo, el conocimiento sobre cómo los portainjertos afectan a otros aspectos de la arquitectura ha sido más bien limitado. Con el fin de caracterizar qué caracteres están influenciados por la elección del portainjerto, se analizó el efecto de cinco híbridos interespecíficos (Rootpac® 20, Rootpac® 40, Rootpac® R, ‘GN-8’ y ‘Garnem’) en seis variedades de gran importancia comercial (‘Isabelona’, ‘Soleta’, ‘Guara’, ‘Diamar’, ‘Vialfas’ y ‘Lauranne’), dando lugar a 30 combinaciones diferentes. Se observó que el portainjerto influye especialmente en caracteres relacionados con la ramificación y la dominancia apical, aunque los efectos no fueron iguales entre todas las combinaciones, lo que indica la importancia de comprender la interacción específica entre cada patrón y su variedad. En este trabajo se definieron siete parámetros como mejores descriptores de esta interacción, los cuales han sido utilizados para estudios moleculares.

## Introducción

El uso de portainjertos en el cultivo del almendro ha sido una parte crucial de la propagación de frutales. Los portainjertos son seleccionados por rasgos relacionados con el sistema radicular, como la resistencia a patógenos, la tolerancia a suelos alcalinos o calcáreos o la capacidad de promover mayor crecimiento en seco (Rubio-Cabetas et al., 2017). Además, pueden influir en el fenotipo de la variedad, afectando la calidad de fruto, la producción, el tiempo de floración o el vigor (Warschefsky et al., 2016). Las variedades comerciales de almendro suelen ser compatibles tanto con portainjertos de almendro (*Prunus amygdalus* (L.) Batsch, syn *P. dulcis* (Mill.)) y melocotonero (*P. persica* (L.) Batsch) como con sus híbridos interespecíficos (Felipe, 2009; Rubio-Cabetas et al., 2017). Durante la última década, se han desarrollado varios portainjertos enanizantes que confieren vigores medios o bajos, lo que permite establecer nuevos sistemas de cultivo con marcos más estrechos. Sin embargo, apenas se ha profundizado en la influencia de los portainjertos en otros caracteres específicos de la arquitectura y/o hábito de crecimiento del árbol. El término arquitectura del árbol hace referencia a todas las características que determinan la estructura tridimensional del árbol

(Costes et al., 2006). Con el fin de analizar todas estas características que definen la arquitectura del árbol, se necesitan parámetros precisos y datos objetivos, identificando la influencia que produce el portainjerto en la arquitectura de la variedad.

## Material y métodos

En este experimento, seis variedades de almendro de interés agronómico y comercial fueron injertadas en cinco portainjertos híbridos interespecíficos, dando lugar a un total de treinta combinaciones diferentes. Las variedades elegidas fueron ‘Isabelona’ (syn. Belona), ‘Soleta’, ‘Guara’, ‘Vialfas’, ‘Diamar’ (syn. Mardia) y ‘Lauranne’. Los portainjertos elegidos fueron: ‘GN-8’, Rootpac<sup>®</sup> 20 (‘Densipac’), Rootpac<sup>®</sup> 40 (‘Nanopac’), Rootpac<sup>®</sup> R (‘Replantpac’) y Garnem<sup>®</sup> (GN-15). Los árboles injertados fueron suministrados por Agromillora Iberia S.L. en 2018 (Barcelona, España). Los árboles fueron mantenidos sin ninguna intervención para permitir que expresasen su porte natural sin alteraciones provocadas por la poda. Todos los datos fueron tomados durante el invierno de 2020, después de dos años de crecimiento, en tres individuos de cada combinación con un total de noventa árboles. Se registraron datos de 24 parámetros, divididos en cuatro categorías: ‘Vigor’, ‘Densidad de Ramificación’, ‘Distribución de las Ramas’ y ‘Hábito de Ramificación’. Las medidas se realizaron en el tronco, refiriéndose a él como el eje principal del árbol, y en las ramas producidas durante el primer año de crecimiento. En conjunto, diecisiete parámetros se midieron directamente del árbol y siete fueron calculados combinándose algunos de estos. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo en R (<https://cran.r-project.org/>).

## Resultados

De los 24 parámetros medidos inicialmente, 15 de ellos mostraron un p-valor inferior a 0.10, mientras que 11 tuvieron un p-valor por debajo de 0.05. 4 parámetros de la categoría Vigor fueron identificados que estaban influenciados por el portainjerto: Nb\_IN, Length, IN\_L y d\_Top. Todos los parámetros de la categoría Densidad de Ramificación fueron identificados como influenciados por el portainjerto. Los parámetros pertenecientes a la categoría ‘Distribución de las Ramas’ estaban también predominantemente influenciados por el portainjerto. Se observó que el portainjerto no influye apenas los parámetros de ‘Hábito de Ramificación’ y solo en uno de ellos se observó cierta influencia del portainjerto. A posteriori, se realizó un análisis de correlación con los 15 parámetros con p-valor < 0.10 con dos objetivos: eliminar aquellas variables redundantes pertenecientes a una misma categoría y observar interacciones entre parámetros de diferentes categorías. Finalmente, 7 parámetros fueron seleccionados como descriptores de la influencia del portainjerto en la arquitectura de la variedad: L, IN\_L, Nb\_B BbyIN, B\_NbAS, Nb\_IB y Dist\_B. Una vez seleccionados los descriptores, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para observar las agrupaciones significativas de las diferentes combinaciones. La mayoría de combinaciones con portainjertos de vigor reducido con Rootpac<sup>®</sup> 20 y ‘GN-8’ se localizaron cerca del eje de las X. Por otro lado, combinaciones con Garnem<sup>®</sup> como portainjerto se localizaron por encima del resto de combinaciones (Figura 1A). En cuanto a las variedades, se observó que ‘Lauranne’ se encontraba separada del resto de cultivares, los cuales estaban más agrupados, siendo ‘Isabelona’ la que se sitúa en el extremo opuesto (Figura 1B).

La altura del tronco (L) se vio influenciada en las combinaciones de variedad y portainjerto, aunque el efecto no fue el mismo entre los diferentes portainjertos o cultivares (Tabla 1). Las variedades ‘Isabelona’ y ‘Diamar’ injertadas en el patrón enanizante Rootpac<sup>®</sup> 20, presentaron valores altos de L mientras que ‘Soleta’ y ‘Vialfas’ tuvieron valores muy bajos. Por otro lado, algunas variedades como ‘Isabelona’ o ‘Vialfas’ tuvieron troncos (L) más altos

que si estaban injertadas en Garnem® (800 y 1190mm) mientras en otras ‘Diamar’ y ‘Soleta’ eran más reducidos (323 y 357 mm). ‘Lauranne’ presento los menores valores de altura con todos los portainjertos a excepción de Rootpac® R (Tabla 1). Los parámetros que definen ‘Densidad de Ramificación’ se vieron más visiblemente afectados por el genotipo del portainjerto. Las variedades ‘Guara’, ‘Isabelona’ y ‘Vialfas’ mostraron un valor Nb\_B significativamente elevado cuando estaban injertadas en Garnem®. Así mismo, BbyIN fue inferior si los cultivares estaban injertados en Rootpac® 20 o ‘GN-8’ (Tabla 1). Las variedades injertadas en Garnem® presentaron más ramas largas (Nb\_IB) que el resto. Un efecto similar se observó en las variedades injertadas en Rootpac® 40 (Tabla 1). Tan solo ‘Diamar’ y ‘Soleta’ presentaron diferencias significativas en el parámetro Dist\_B entre sus diferentes combinaciones.

## Discusión

La dominancia apical es el efecto supresivo que se ejerce en el desarrollo de yemas vegetativas durante o posteriormente a la extensión del eje principal, reduciendo el número de ramas silépticas y/o prolépticas. Dependiendo de la intensidad de la dominancia apical presente, podemos observar fenotipos opuestos, ya descritos previamente por Gradziel (2012). Si hay una elevada dominancia apical, se impone el reposo en las yemas, afectando a los parámetros de ‘Densidad de Ramificación’, mientras que el meristemo apical mantiene su crecimiento, dando lugar a valores elevados de L. Se observó que Rootpac® 20 y ‘GN-8’ favorecen la dominancia apical, no promoviendo la formación de ramas y manteniendo un meristemo apical activo. Por el contrario, Garnem® tuvo un efecto negativo en la dominancia apical, dando lugar a muchas ramas cesando el crecimiento del eje principal antes que otros portainjertos. Con menor intensidad, pero un efecto similar puede ser observado en las combinaciones con Rootpac® 40. Rootpac® R presento un fenotipo intermedio, con múltiples ramas, pero manteniendo un meristemo apical activo. Aunque hay amplia evidencia sobre el fuerte efecto del portainjerto en la arquitectura de la variedad, esta tiene un papel crucial en la regulación de la ramificación. ‘Isabelona’ fue capaz de mantener un meristemo apical activo en la mayoría de combinaciones. La variedad ‘Lauranne’ presento un fenotipo típico de baja dominancia apical, desarrollando un número elevado de ramas y un eje central de altura reducida, en casi todas las combinaciones. Estos resultados remarcan la importancia de estudiar cómo se comportan los portainjertos con diferentes variedades, dada el efecto crucial de esta interacción en el desarrollo del árbol.

## Referencias

- Costes, E., Lauri, P.-E., Regnard, J.L. 2006. Analyzing Fruit Tree Architecture: Implications for Tree Management and Fruit Production. Hort. Rev. 32:1-61.
- Felipe, A.J. 2009. “Felinem”, “Garnem”, and “Monegro” almond x peach hybrid rootstocks. HortScience 44:196-197.
- Gradziel, T.M. 2012. The utilization of wild relatives of cultivated almond and peach in modifying tree architecture for crop improvement. Acta Hort. 948:271-278.
- Rubio-Cabetas, M.J., Felipe, A.J., and Reighard, G.L. 2017. Rootstock Development. p. 193-220. En: R. Socías i Company y T.M. Gradziel (eds.), Almonds: botany, production and uses, CABI, Wallingford, UK.
- Warschefsky, E.J., Klein, L.L., Frank, M.H., Chitwood, D.H., Londo, J.P., von Wettberg, E.J.B., et al. 2016. Rootstocks: Diversity, Domestication, and Impacts on Shoot Phenotypes. Trends Plant Sci. 21:418-437

Tabla 1. Análisis de los siete parámetros seleccionados en las treinta combinaciones de variedad y portainjerto.

		'Lauranne'	'Guara'	'Isabelona'	'Diamar'	'Soleta'	'Vialfas'
L (mm)	Garnem®	353 a	707 a	800 ab	323 c	357 b	1190 a
	'GN-8'	223 a	453 a	443 b	820 ab	847 a	313 d
	Rootpac® 20	317 a	923 a	1053 a	1053 a	373 b	380 cd
	Rootpac® 40	317 a	720 a	450 b	607 bc	730 a	697 b
	Rootpac® R	690 a	717 a	623 ab	687 b	597 ab	653 bc
IN_L (mm)	Garnem®	19.0 a	16.7 a	12.4 a	17.0 a	11.0 a	12.8 ab
	'GN-8'	11.0 b	14.5 a	12.1 a	15.9 a	10.6 a	9.2 b
	Rootpac® 20	18.8 a	18.5 a	11.0 a	17.6 a	13.1 a	15.1 a
	Rootpac® 40	16.2 a	14.8 a	12.2 a	15.0 a	12.7 a	12.3 ab
	Rootpac® R	16.7 a	15.8 a	11.3 a	14.0 a	13.9 a	11.9 ab
Nb_B	Garnem®	9.0 ab	15.3 a	22.3 a	8.7 ab	14.7 a	18.0 a
	'GN-8'	4.0 b	3.3 b	8.0 b	5.7 b	10.3 a	8.7 bc
	Rootpac® 20	5.3 ab	2.7 b	4.7 b	2.7 b	6.3 a	7.7 c
	Rootpac® 40	12.0 a	8.7 ab	8.0 b	7.0 ab	12.0 a	16.7 ab
	Rootpac® R	11.3 a	12.0 ab	13.0 ab	15.0 a	15.3 a	11.7 abc
BbyIN	Garnem®	0.481 ab	0.382 a	0.359 a	0.452 a	0.456 a	0.193 a
	'GN-8'	0.199 b	0.191 a	0.292 a	0.107 c	0.130 b	0.242 a
	Rootpac® 20	0.331 ab	0.070 a	0.048 a	0.043 c	0.232 ab	0.295 a
	Rootpac® 40	0.608 a	0.247 a	0.288 a	0.183 bc	0.209 ab	0.294 a
	Rootpac® R	0.365 ab	0.268 a	0.232 a	0.303 ab	0.362 ab	0.211 a
Nb_IB	Garnem®	5.3 ab	4.7 a	6.3 a	7.7 a	6.3 a	4.3 a
	'GN-8'	3.0 b	2.3 a	1.7 a	3.3 b	4.0 ab	2.7 ab
	Rootpac® 20	3.3 ab	1.0 a	1.3 a	0.7 b	1.7 b	3.0 ab
	Rootpac® 40	7.0 a	3.3 a	2.7 a	1.7 b	3.7 ab	3.7 a
	Rootpac® R	4.7 ab	4.7 a	1.7 a	2.7 b	4.0 ab	0.7 b
B_NbAS	Garnem®	5.2 a	2.7 a	0.5 a	1.3 a	2.8 a	0.4 a
	'GN-8'	7.1 a	1.3 a	0.5 a	0.1 a	0.9 a	2.4 a
	Rootpac® 20	3.5 a	1.0 a	0.0 a	0.3 a	1.6 a	0.2 a
	Rootpac® 40	1.2 a	0.5 a	0.8 a	0.0 a	1.7 a	0.1 a
	Rootpac® R	2.2 a	0.7 a	0.3 a	0.0 a	2.2 a	0.1 a
Dist_B	Garnem®	0.58 a	0.61 a	0.53 a	0.69 a	0.58 ab	0.46 a
	'GN-8'	0.64 a	0.60 a	0.48 a	0.22 b	0.37 b	0.72 a
	Rootpac® 20	0.69 a	0.59 a	0.39 a	0.35 b	0.79 a	0.74 a
	Rootpac® 40	0.59 a	0.40 a	0.52 a	0.44 b	0.49 b	0.47 a
	Rootpac® R	0.63 a	0.50 a	0.51 a	0.44 b	0.57 ab	0.47 a

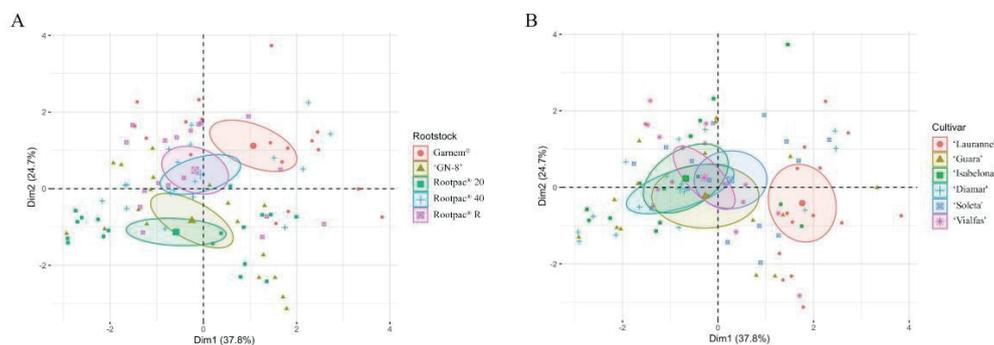


Figura 1. Análisis de componentes principales (PCA) de las siete variables seleccionadas en las treinta combinaciones de injerto y portainjerto.