

## Comportamiento de distintos patrones *Prunus* injertados con la nectarina ‘Big Top’ en condiciones de asfixia de raíces

Carolina Font i Forcada<sup>1</sup>, Lucía Mestre<sup>2</sup>, Alex E. Salazar<sup>1</sup>, Pierre Mignard<sup>1</sup>, Jorge Pinochet<sup>3</sup>, Gemma Reig<sup>1</sup> & María Ángeles Moreno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto Pomología, Estación Experimental de Aula Dei-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEAD-CSIC), Avda Montañana 1005, 50059 Zaragoza, España,

cfont@eead.csic.es, asalazar@eead.csic.es, greig@eead.csic.es, mmoreno@eead.csic.es

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Departamento de Hortofruticultura. Instituto Agroalimentario de Aragón - IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), 50059 Zaragoza, España, lmestre@aragon.es

<sup>3</sup>Agromillora Iberia S.L., C/El Rebato s/n, 08739 Subirats, Barcelona, España  
jpbcabrils@gmail.com

### Resumen

En este trabajo se estudió la influencia de quince patrones *Prunus* sobre el comportamiento agronómico y calidad del fruto de la variedad de nectarina ‘Big Top’. Entre los patrones evaluados figuran seis híbridos almendro x melocotonero (Adafuel, Adarcias, Garnem, GF 677, PADAC 9902-01 y Rootpac 70), un híbrido de *P. persica* x *P. davidiana* (Cadaman), cuatro ciruelos hexaploides [*P. insititia*: Adesoto 101, PM 105 AD, PM 150 AD, y *P. domestica*: Penta], tres híbridos de ciruelo x almendro x melocotonero (PADAC 04-01, PADAC 04-03 y PADAC 99-05), y un híbrido de ciruelo x almendro [*P. cerasifera* x *P. amygdalus*: Rootpac R]. Además de los parámetros agronómicos (mortalidad de árboles, vigor, producción y productividad), se determinaron los parámetros básicos de calidad de fruto: firmeza, color, sólidos solubles, acidez valorable e índice de madurez. Al cuarto año de la plantación, se observaron diferencias significativas entre patrones, tanto en los parámetros agronómicos como de calidad del fruto de la variedad injertada.

**Palabras clave:** calidad de fruto, firmeza, *Prunus persica*, sólidos solubles, vigor

### Abstract

The influence of sixteen *Prunus* rootstocks on agronomical and basic fruit quality parameters of the ‘Big Top’ nectarine was tested. Six peach-almond hybrids (Adafuel, Adarcias, Garnem, GF 677, PADAC 9902-01 and Rootpac 70), one *P. persica* x *P. davidiana* hybrid (Cadaman), five hexaploid plums [*P. insititia*: Adesoto 101, PM 44 AD, PM 105 AD, PM 150 AD, and *P. domestica*: Penta], three plum x peach-almond hybrid rootstocks (PADAC 04-01, PADAC 04-03 and PADAC 99-05), and one almond-plum hybrid [*P. cerasifera* x *P. amygdalus*: Rootpac-R] were budded. Agronomical traits (tree mortality, vigor, yield, and yield efficiency) and fruit quality parameters (firmness, color, soluble solids, titratable acidity, and ripening index) were evaluated. At the fourth year after budding, significant differences between rootstocks were found for agronomical and basic fruit quality parameters of the budded cultivar.

**Keywords:** fruit quality, firmness, *Prunus persica*, soluble solids, vigor

## Introducción

El melocotonero [*Prunus persica* (L.) Batsch] es una de las especies frutales cultivadas más importante en el mundo. España es el primer país exportador a nivel mundial y el primer país productor de la UE seguido de Italia (Iglesias, 2013). En España, el melocotonero aporta la mayor producción entre los frutales de hueso y pepita, y su producción supone el 4,5% del total de los productos hortofrutícolas (MAPAMA, 2017). La mayor región productora se encuentra en el Valle del Ebro, la cual incluye Aragón y Cataluña, suponiendo el 60% de la producción total española.

En la actualidad, ‘Big Top’ es considerada como la nectarina de referencia en Europa para el consumo en fresco, ya que su pulpa es firme y muy apreciada por su coloración, tamaño óptimo del fruto, dulzura, jugosidad y sabor (Reig et al., 2016).

Diferentes estudios con especies *Prunus* han mostrado la influencia que un determinado patrón puede ejercer sobre la variedad injertada, en lo que se refiere al vigor, producción o tamaño del fruto (Moreno et al., 1994; Font i Forcada et al., 2012; Mestre et al., 2015; Ben Yahmed et al., 2016). Además de las características agronómicas y morfológicas de las variedades, la composición química del fruto relacionada con factores organolépticos y nutricionales, cada vez está más valorada por el consumidor. Poco a poco, adquieren más relevancia los trabajos que estudian las características de calidad del fruto y su composición química (Orazem et al., 2011; Font i Forcada et al., 2013; Font i Forcada et al., 2014; Reig et al., 2016). Estos caracteres dependen sobre todo del genotipo de la variedad injertada, pero también pueden verse influidos por el patrón utilizado y por las condiciones climáticas. La elección de un patrón es una de las consideraciones más importantes a tener en cuenta, sobre todo en condiciones limitantes del cultivo (clorosis y asfixia) y en situaciones de replantación (Jiménez et al., 2011; Font i Forcada et al., 2014), que afectan al desarrollo normal del árbol. Para resolver estos problemas, los programas de mejora buscan la selección de nuevos patrones, mejorando la adaptabilidad al suelo (Moreno et al., 1994; Moreno, 2004) y sobre todo la producción y mejora de la calidad de los frutos (Font i Forcada et al., 2014).

En la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC) se lleva a cabo un programa de mejora de patrones *Prunus* adaptados a las condiciones de cultivo del área mediterránea (Moreno, 2004) y se dispone de patrones seleccionados por su buen comportamiento y tolerancia frente a factores bióticos y abióticos (Pinochet et al., 2012; Mestre et al., 2015; 2017). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue estudiar el comportamiento agronómico (vigor, producción y eficiencia productiva) y la calidad del fruto de la variedad ‘Big Top’ sobre diferentes patrones, en un suelo calizo y pesado con problemas de asfixia de raíces, típico del área mediterránea.

## Material y métodos

En el invierno de 2008-2009 se plantaron los árboles de la variedad de nectarina ‘Big Top’, injertada sobre distintos patrones: seis híbridos almendro x melocotonero (*P. amygdalo-persica*: Adafuel, Adarcias, Garnem, GF 677, PADAC 9902-01 y Rootpac 70), un híbrido de *P. persica* x *P. davidiana*: Cadaman, cuatro ciruelos hexaploides [*P. insititia*: Adesoto 101, PM 105 AD, PM 150 AD, y *P. domestica*: Penta], tres híbridos de ciruelo x almendro x melocotonero (*P. cerasifera* x *P. amygdalo-persica*: PADAC 04-01, PADAC 04-03 y PADAC 99-05), y un híbrido de ciruelo x almendro [*P. cerasifera* x *P. amygdalus*: Rootpac R]. La variedad injertada ‘Big Top’, se utilizó por su gran interés comercial en el Valle del Ebro y por sus buenas características organolépticas. Los patrones ciruelo fueron elegidos por su tolerancia a la asfixia de raíces y a los suelos con problemas de encharcamiento (Bernhard y Grasselly, 1959), así como por inducir una entrada en producción más temprana y una mayor calidad del fruto (Moreno et al., 1995).

Asimismo, los híbridos almendro x melocotonero se seleccionaron porque son más tolerantes a suelos calizos y a problemas de clorosis férrica, y su uso es más recomendable en suelos pobres y en situaciones de replantación de frutales (Moreno et al., 1994). El patrón Cadaman es resistente a los nematodos agalladores, y tiene una buena productividad (Mestre et al., 2015; Reig et al., 2016). El patrón Rootpac R fue elegido por su buena adaptación a los suelos pesados y calizos, su tolerancia a nematodos y a los problemas de replantación (Pinochet, 2010).

El ensayo se estableció con un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones por combinación. El marco de plantación fue de 5 x 4 m. La finca en la que se desarrolló el ensayo está situada en la 'Estación Experimental de Aula Dei' (Zaragoza), con un suelo franco-arcilloso y calizo típico del Valle del Ebro.

Entre los parámetros agronómicos, se evaluó el vigor del árbol (mediante el cálculo de la superficie del tronco a partir de la medida del perímetro de la variedad a 20 cm por encima de la zona del injerto), la mortalidad de los árboles, la producción anual y acumulada (kg/árbol), y la productividad (kg/cm<sup>2</sup> de la sección del tronco). Durante la cosecha, se recolectó una muestra de 20 frutos/árbol para determinar los parámetros básicos de calidad del fruto. Se determinó el peso medio del fruto (g), contenido de sólidos solubles (°Brix) con un refractómetro digital (Atago PR-101), acidez valorable (g ácido málico/100 g de peso fresco), índice de madurez, color (coordenadas CIELAB) mediante el colorímetro Minolta (modelo CR 400), y la firmeza (N) usando un penetrómetro (Modelo FT-327).

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el programa informático IBM SPSS, versión 23.0 (USA). Se realizó un análisis de varianza de los datos recogidos y la separación de medias mediante el test Duncan a un nivel de significación  $p \leq 0,05$ .

## Resultados y discusión

En los primeros años de la plantación se observó la elevada mortalidad de los árboles injertados sobre los patrones Garnem y Penta (75%), por lo que se eliminaron del estudio. Las condiciones texturales del suelo (franco-arcilloso) explican la falta de adaptación de algunos patrones debido a su gran sensibilidad a los problemas de asfixia de raíces (Mestre et al., 2015).

Al cuarto año de la plantación, los patrones pollizos PM 105 AD y PM 150 AD indujeron el menor vigor a la variedad injertada difiriendo significativamente del resto de los patrones (Tabla 1). El mayor vigor lo indujo el híbrido Adafuel, aunque sin diferir de Cadaman, PADAC 04-01, PADAC 99-05, PADAC 9902-01 y Rootpac 70. Los patrones GF 677 y PADAC 04-03 mostraron un vigor intermedio. La mayor producción fue obtenida sobre los patrones híbridos GF 677 y PADAC 04-01, frente a la menor del ciruelo PM 150 AD, aunque sin diferir significativamente del resto de patrones. Así como la producción anual, la producción acumulada también fue mayor sobre los híbridos GF 677 y PADAC 04-01, aunque sin diferir significativamente de Adafuel, Adesoto 101, Cadaman, PADAC 04-03, PADAC 99-05, PADAC 9902-01, Rootpac 70 y Rootpac R. No obstante, al cuarto año de la plantación, la mayor productividad se observó sobre el ciruelo PM 105 AD, y la menor correspondió al híbrido Adafuel, aunque no difirieron significativamente del resto de patrones. Esta mayor productividad del patrón ciruelo PM 105 AD podría deberse a su menor vigor manteniendo un buen nivel de producción, como se menciona en otros estudios con la variedad 'Catherina' (Font i Forcada et al., 2014; Mestre et al., 2017).

Respecto a los caracteres de calidad del fruto, Cadaman indujo un mayor tamaño del fruto, difiriendo significativamente del resto de los patrones (Tabla 2). También el patrón Cadaman indujo una mayor firmeza del fruto frente a Adafuel, Adarcias, PADAC

04-01 y Rootpac 70, aunque sin diferir significativamente del resto de patrones. El pollizo PM 105 AD indujo un mayor contenido en sólidos solubles, aunque sin diferencias significativas respecto a Adarcias, Adesoto 101, PADAC 04-01, PADAC 99-05 y Rootpac R.

En otros estudios con las variedades de melocotonero ‘Catherina’ (Font i Forcada et al., 2014; Mestre et al., 2017) y ‘Redhaven’ (Orazem et al., 2011), así como con la nectarina ‘Big Top’ (Mestre et al., 2015; Reig et al., 2016), los patrones Adesoto 101 y PM 105 AD, también indujeron un mayor contenido en sólidos solubles del fruto y un menor vigor del árbol, confirmando así que los patrones que inducen un vigor medio también presentan, en general, una mejor calidad del fruto. En otro estudio con la variedad de paraguay ‘Subirana’, se observó también que el patrón PADAC 04-01 mostraba un buen comportamiento agronómico y una elevada calidad del fruto comparado con otros patrones (Ben Yahmed et al., 2016), confirmando así su idoneidad para el área Mediterránea.

### Conclusión

Cabe destacar el menor vigor observado sobre los ciruelos pollizos PM 105 AD y PM 150 AD, así como la tendencia del patrón PM 105 AD a inducir una mayor productividad y contenido en azúcares del fruto en la variedad injertada. Los patrones Adesoto 101, PADAC 04-01, PADAC 99-05 y Rootpac R también mostraron un buen comportamiento agronómico y la tendencia a inducir un mayor contenido en sólidos solubles y otras características de calidad del fruto demostrando así su interés comercial.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos AGL2008-00283, AGL2011-24576 y AGL2014-52063R, con la cofinanciación FEDER, y el Gobierno de Aragón-A44. Los autores agradecen a M.P. Soteras por su asistencia técnica en el laboratorio. C. Font i Forcada es beneficiaria de un contrato Juan de la Cierva-Incorporación 2017.

### Referencias

- Ben Yahmed, J., Ghrab, M., Moreno M.A., Pinochet, J., & Ben Mimoun, M. 2016. Performance of ‘Subirana’ flat peach cultivar budded on different *Prunus* rootstocks in a warm production area in North Africa. *Scientia Horticulturae* 206:24-32.
- Bernhard, R., Grasselly, C. 1959. Les pruniers porte-greffes du pêcher. *J. Fruit Maraich. Avignon*. pp. 75-100.
- FAOSTAT. 2017. <http://faostat.fao.org>
- Font i Forcada, C., Gogorcena, Y., & Moreno, M.A. 2012. Agronomical and fruit quality traits of two peach cultivars on peach–almond hybrid rootstocks growing on Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae* 140:157-163.
- Font i Forcada, C., Gogorcena, Y., & Moreno, M.A. 2013. Fruit sugar profile and antioxidants of peach and nectarine cultivars on almond × peach hybrid rootstocks. *Scientia Horticulturae* 164:563-572.
- Font i Forcada, C., Gogorcena, Y., & Moreno, M.A. 2014. Agronomical parameters, sugar profile and antioxidant compounds of ‘Catherine’ peach cultivar influenced by different plum rootstocks. *International Journal of Molecular Sciences* 15 (2):2237-2254.
- Iglesias, I., 2013. Peach production in Spain: current situation and trends, from production to consumer. In: Milatović, D. (Ed.), *Proceedings of the 4<sup>th</sup> Conference, Innovations in Fruit Growing*. Belgrad (Serbia), pp. 75-98.

- Jiménez, S., Pinochet, J., Romero, J., Gogorcena, Y., Moreno, M.A., & Espada, J.L. 2011. Performance of peach and plum based rootstocks of different vigour on a late peach cultivar in replant and calcareous conditions. *Scientia Horticulturae* 129:58-63.
- MAPAMA. 2017. [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es)
- Mestre, L., Reig, G., Betrán, J.A., Pinochet, J., & Moreno, M.A. 2015. Influence of peach-almond hybrids and plum-based rootstocks on mineral nutrition and yield characteristics of 'Big Top' nectarine in replant and heavy-calcareous soil conditions. *Scientia Horticulturae* 192:475-481.
- Mestre, L., Reig, G., Betrán, J.A., & Moreno M.A. 2017. Influence of plum rootstocks on agronomic performance, leaf mineral nutrition and fruit quality of 'Catherina' peach cultivar in heavy-calcareous soil conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 15:11.
- Moreno, M.A. 2004. Breeding and selection of *Prunus* rootstocks at the Aula Dei Experimental Station, Zaragoza, Spain. *Acta Horticulturae* 658:519-528.
- Moreno, M.A., Tabuenca, M.C., & Cambra, R. 1994. Performance of Adafuel and Adarcias as peach rootstocks. *HortScience* 29:1271-1273.
- Moreno, M.A., Tabuenca, M.C., & Cambra, R. 1995. Adesoto 101, a plum rootstock for peaches and other stone fruit. *HortScience* 30(6):1314-1315.
- Orazem, P., Stampar, F., & Hudina, M. 2011. Quality analysis of 'Redhaven' peach fruit grafted on 11 rootstocks of different genetic origin in a replant soil. *Food Chemistry* 124:1691-1698.
- Pinochet, J. 2010. 'Replantpac' (Rootpac<sup>®</sup> R), a plum-almond hybrid rootstock for replant situations. *HortScience* 45:299-301.
- Pinochet, J., Cunill, M., Torrents, J., Eremin, G., Eremin, V., Nicotra, A., Penyalver, R., López, M.M., Jiménez, S., Gogorcena, Y., & Moreno, M.A. 2012. Response of low and medium vigour rootstocks for peach to biotic and abiotic stresses. *Acta Horticulturae* 962:627-632.
- Reig, G., Mestre, L., Betrán, J.A., Pinochet, J., & Moreno, M.A. 2016. Agronomic and physicochemical fruit properties of 'Big Top' nectarine budded on peach and plum based rootstocks in Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae* 210:85-92.

## Tablas y Figuras

**Tabla 1** - Influencia de los patrones estudiados sobre el vigor, producción anual, producción acumulada y productividad de la variedad de nectarina ‘Big Top’ al cuarto año de la plantación (2013).

Patrón	Vigor (cm <sup>2</sup> )	Producción (kg/árbol)	Producción acumulada (kg/árbol)	Productividad (kg/cm <sup>2</sup> )
Adafuel	211,7 d	19,6 ab	28,6 abcd	0,14 a
Adarcias	99,7 bc	13,6 ab	19,9 ab	0,22 ab
Adesoto 101	94,7 bc	13,9 ab	24,1 abcd	0,26 ab
Cadaman	153,6 cd	17,7 ab	32,2 bcd	0,21 ab
GF 677	144,8 c	21,1 b	39,2 d	0,29 ab
PADAC 04-01	157,5 cd	21,3 b	37,0 d	0,26 ab
PADAC 04-03	144,5 c	15,3 ab	24,3 abcd	0,18 ab
PADAC 99-05	156,5 cd	15,2 ab	32,3 bcd	0,21 ab
PADAC 9902-01	153,5 cd	15,2 ab	25,6 abcd	0,17 ab
PM 105 AD	78,1 a	14,1 ab	20,9 abc	0,31 b
PM 150 AD	74,2 a	11,1 a	15,2 a	0,21 ab
Rootpac 70	152,7 cd	14,8 ab	26,2 abcd	0,17 ab
Rootpac R	133,0 bc	14,0 ab	35,4 cd	0,27 ab

La separación de medias se ha realizado mediante el test Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Para cada columna, los datos seguidos de las mismas letras no muestran diferencias significativas.

**Tabla 2** - Influencia de los patrones estudiados sobre los caracteres de calidad del fruto de la variedad ‘Big Top’ al cuarto año de la plantación (2013).

Patrón	Peso medio del fruto (g)	Sólidos solubles (°Brix)	Firmeza (N)
Adafuel	157,0 a	13,0 ab	46,6 a
Adarcias	179,1 ab	14,7 bcd	48,5 a
Adesoto 101	173,7 ab	15,4 cd	50,8 ab
Cadaman	204,4 c	13,8 abc	60,6 b
GF 677	175,4 ab	13,0 ab	54,0 ab
PADAC 04-01	169,6 ab	15,0 cd	48,1 a
PADAC 04-03	179,5 ab	13,8 abc	51,7 ab
PADAC 99-05	181,5 b	15,0 cd	53,8 ab
PADAC 9902-01	182,7 b	12,7 a	57,1 ab
PM 105 AD	166,4 ab	15,7 d	50,4 ab
PM 150 AD	164,4 ab	13,7 abc	55,8 ab
Rootpac 70	174,1 ab	12,3 a	49,0 a
Rootpac R	157,0 a	14,7 bcd	55,1 ab

La separación de medias se ha realizado mediante el test Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Para cada columna, los datos seguidos de las mismas letras no muestran diferencias significativas.