

# Duraznos, nectarinas, ciruelas y cerezas En búsqueda de portainjertos de carozos tolerantes al déficit hídrico

► **María Teresa Pino**  
Ingeniera Agrónomo Ph.D  
INIA La Platina  
[mtpino@inia.cl](mailto:mtpino@inia.cl)

► **Cristián Hernández A.**  
Ingeniero Agrónomo Mg.  
Centro de Estudios Avanzados  
en Fruticultura (CEAF)  
[cherandez@ceaf.cl](mailto:cherandez@ceaf.cl)





En los últimos años, la ocurrencia de eventos climáticos extraordinarios como periodos de sequías y temperaturas extremas ha aumentado significativamente, causando importantes pérdidas entre los agricultores. En septiembre de 2013, sólo por concepto de heladas y bajas temperaturas que afectaron el Norte y Centro de Chile se estima que las pérdidas en el sector frutícola alcanzaron los US\$823 millones (valor FOB<sup>1</sup>). La sequía, en tanto, es uno de los factores más limitantes y frecuentes en el agro, con directa incidencia en la producción. En fruticultura, por ejemplo, el aumento en las temperaturas promedio y la ocurrencia de periodos secos coincide con las etapas de fructificación y crecimiento del fruto, lo que conlleva la necesidad de contar durante esta etapa con riego tecnificado y eficiente.

Se espera que los problemas por déficit hídrico en la agricultura aumenten con el cambio climático. En la zona Centro-Norte de Chile es un tema particularmente relevante considerando que es en el Valle Central donde se concentra la mayor superficie plantada con frutales de exportación. Por esto, es preciso implementar prácticas adecuadas en el uso eficiente del agua, así como de variedades con mayor tolerancia a la sequía, entre otras. Si no se adoptan medidas de adaptación al nuevo escenario climático, las proyecciones indican que la actividad frutícola debería desplazarse hacia el Sur.

### Déficit hídrico y frutales de carozos ◀

Se ha observado que periodos de déficit hídrico en frutales de carozos (duraznos, nectarinas, ciruelas y cerezas) causan aborto floral, caída de frutos, disminución del calibre e incluso en casos extremos, muerte de plantas. La severidad del efecto depende del periodo en que ocurra el estrés hídrico, de la duración del mismo, y del estado de desarrollo y sanitario de la planta al momento del estrés. Por ejemplo, en plantaciones nuevas, el periodo más crítico es durante el establecimiento, dado a que las plantas presentan un bajo desarrollo radicular.

A nivel radicular, el déficit hídrico restringe la formación de nuevas raíces, particularmente al inicio de otoño. Además, en los árboles con limitada disponibilidad hídrica se afecta la absorción de nutrientes, acentuándose las insuficiencias nutricionales de calcio, potasio y boro. Por otra parte, limitaciones en la disponibilidad hídrica pueden provocar detención en el crecimiento de brotes; disminución del área foliar, de la inducción floral y de la cuaja; reducción del crecimiento de los frutos, caída de frutos y alteraciones en la maduración y contenido de azúcar del fruto. Por lo general, el periodo de postcosecha es el más tolerante al déficit hídrico, pero si la sequía es severa puede afectar el desempeño de los árboles en la siguiente temporada, en aspectos como la viabilidad del polen, reservas de carbohidratos a nivel radicular, brotación y número de frutos.

### Estados fenológicos sensibles al déficit hídrico en carozos ◀

En frutales, algunos estados fenológicos (o de desarrollo de la planta) son más sensibles al estrés hídrico que otros, en particular etapas como la floración y cuajado del fruto. En carozos, el periodo crítico es desde el endurecimiento del carozo hasta la cosecha, por lo que no deberían existir limitaciones en la disponibilidad hídrica durante este periodo.

Por ejemplo, en cerezo -por ser uno de los frutales más tempranos de la temporada- el desarrollo del fruto coincide con el crecimiento vegetativo, dándose una fuerte competencia entre ambos. En esta etapa, cambios repentinos en la humedad del suelo favorecerán la partidura en el fruto, principal factor que limita la producción de cerezas. Cabe destacar que en suelos con déficit hídrico o exceso de humedad, los porcentajes de partiduras de fruto aumentan. Para carozos tempranos, la fase II es tan corta que cualquier grado de restricción en la disponibilidad hídrica disminuiría el calibre de la fruta a niveles no

1 FOB: "Free on Board". Cláusula de compraventa internacional por vía marítima, donde el valor del transporte y seguro son cubiertos por el comprador.



comerciales. En carozos tardíos (durazneros), el déficit hídrico durante la fase II no tiene mayor efecto en el rendimiento, no así en la fase III ya que disminuye significativamente el tamaño de los frutos. Esta es una desventaja para la producción de fruta fresca, sin embargo, para la producción de frutos secos el estrés es una oportunidad, ya que permitiría disminuir los costos en secado y concentrar sólidos solubles más rápidamente.

El duraznero es más sensible al estrés hídrico temprano en la temporada y durante pleno crecimiento del fruto, justo antes de cosecha. Un periodo de estrés hídrico severo en postcosecha puede resultar en caída de yemas, reduciendo la cosecha del siguiente año.

Algunas variedades de ciruelos toleran un estrés hídrico luego de la fase inicial de rápido crecimiento del fruto, sin verse afectado el tamaño, el peso o la caída de los frutos.

### Estudios en portainjertos ◀

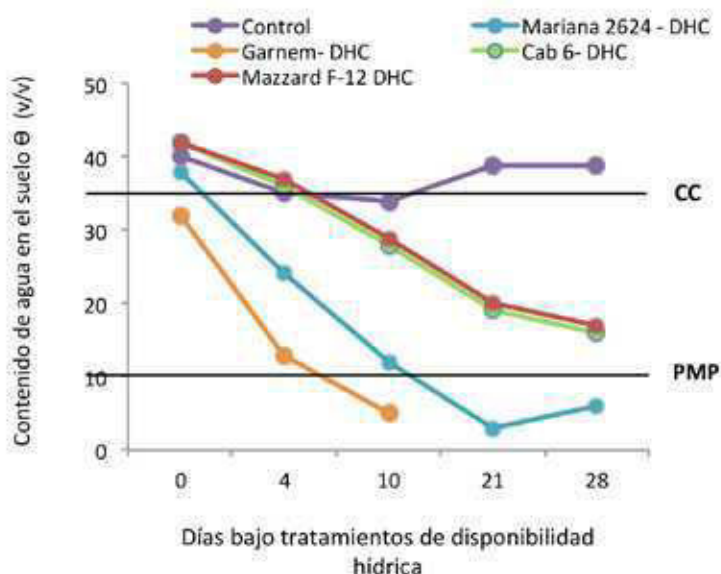
El déficit hídrico junto con afectar el desarrollo de la planta, floración y fructificación, también produce cambios importantes a nivel fisiológico, bioquímico y molecular.

Durante la temporada 2012-2013, el Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF) analizó el comportamiento fisiológico de cuatro portainjertos del género *Prunus*, que fueron sometidos a déficit hídrico controlado durante el primer año de establecimiento. Los genotipos evaluados fueron: Mariana 2624, Garnem, Cab 6P y Mazzard F12.

Plantas de la temporada en macetas fueron sometidas a un tratamiento con 100% riego (control) y a un tratamiento de déficit hídrico controlado (DHC); en el cual el riego fue suspendido hasta que las plantas se acercaron al punto de marchitez permanente (PMP), con potenciales xilemáticos (potencial hídrico de hoja) inferiores a -2MPa. Posteriormente, las plantas fueron regadas hasta alcanzar capacidad de campo (CC) para evaluar su capacidad de recuperación luego de un periodo de déficit hídrico severo.

### Las tres etapas de la curva de crecimiento de frutos de carozos.

Los frutos de carozo (duraznos, nectarinas, ciruelas y cerezas) presentan una curva de crecimiento doble sigmoidea con tres fases bien marcadas. La **fase I** comprende la multiplicación celular, que se extiende desde plena floración hasta inicio de endurecimiento, donde se produce un aumento del tamaño del fruto. La **fase II** corresponde al endurecimiento y desarrollo del embrión, en la cual el crecimiento del fruto es lento o mínimo. La **fase III** abarca desde el término del endurecimiento hasta la maduración del fruto. En esta etapa el crecimiento del fruto se acelera principalmente por la expansión celular.

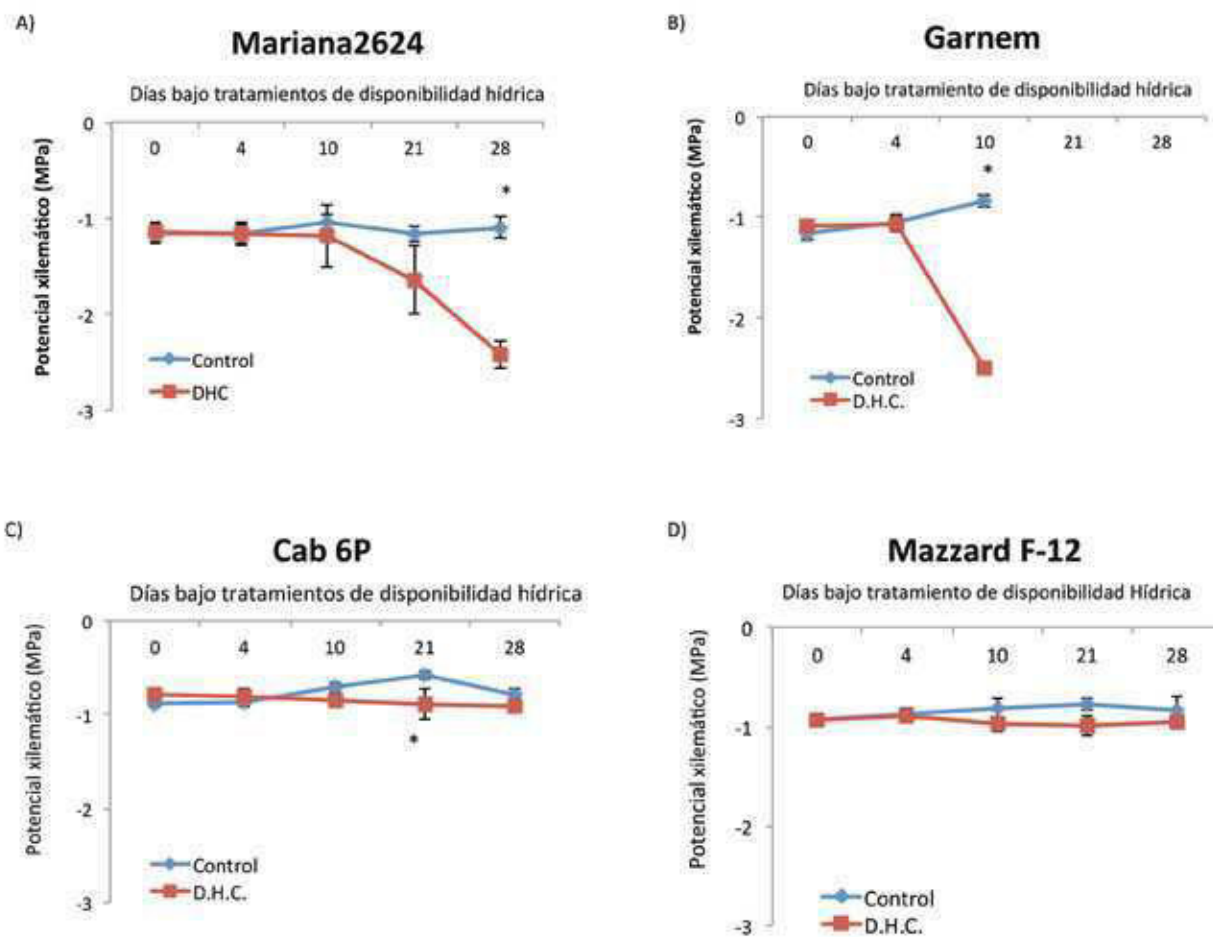


► **Figura 1.** Contenido volumétrico de agua en el suelo (v/v) durante el periodo del ensayo en cuatro portainjertos de carozos bajo el tratamiento control (100% riego) y el tratamiento de sequía (DHC) a los 0, 4, 8, 21 y 28 días de iniciados los tratamientos.

La Figura 1 muestra la variación en el contenido volumétrico del agua en suelo, para el tratamiento regado a capacidad de campo (control) 35%-40% (v/v) y para el tratamiento de déficit hídrico (DHC). En todos los portainjertos disminuyó el contenido volumétrico de agua en el suelo a partir del día 4. Sin embargo, luego de 28 días bajo DHC, los portainjertos Cab6P y Mazzard F12 permanecieron en el rango de la humedad aprovechable, mientras los portainjertos Garnem y Mariana2624 cayeron significativamente alcanzando valores de humedad del suelo de 4%-5% v/v, tras ser sometidos a 10 días de estrés hídrico. Los portainjertos Cab6P y Mazzard F12, luego del tratamiento de déficit hídrico controlado, mantuvieron un potencial xilemático constante cercano a -1MPa (Figura 2). En cambio, en los portainjertos Garnem y Mariana2624 el potencial xilemático bajó a -2.5MPa,

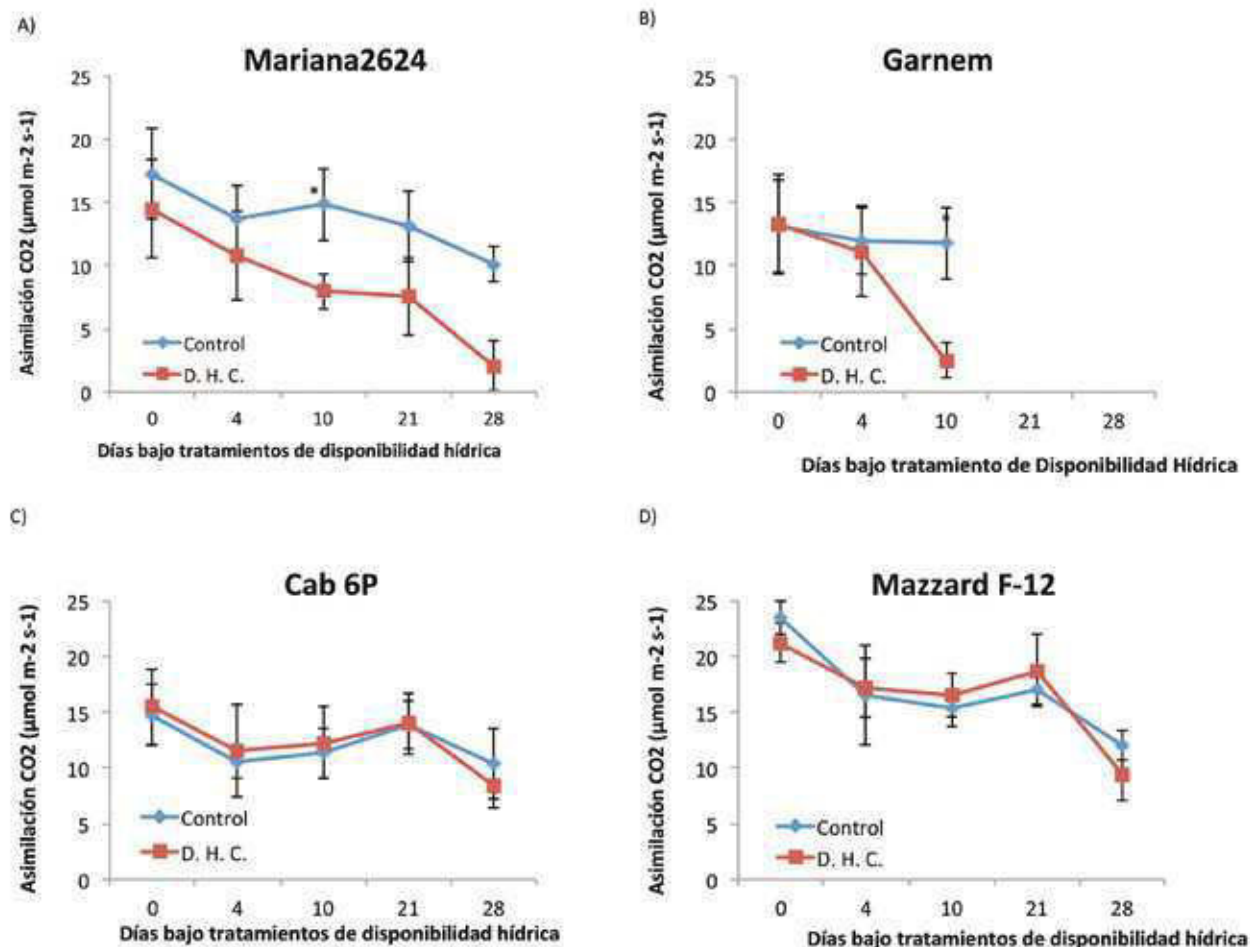
lo cual se reflejó en síntomas evidentes de pérdida de turgencia de la hoja y marchitez.

Por otra parte, a medida que las plantas fueron sometidas a estrés hídrico, la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> (Fotosíntesis Neta) disminuyó para Garnem y Mariana2624. Luego de 28 días bajo estrés hídrico controlado, la asimilación de CO<sub>2</sub> disminuyó significativamente de 11.8 a 2.5  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  en Garnem y de 10.1 a 2.05  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  en Mariana2624. Mientras que en los portainjertos Cab 6P y Mazzard F12 no se observaron diferencias significativas en la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> entre los tratamientos evaluados (Figura 3); sugiriendo que Cab6P y Mazzard F12 serían portainjertos más tolerantes a condiciones limitantes de agua durante el primer año de desarrollo.



► **Figura 2.** Potencial xilemático de los cuatro portainjertos de carozos frente al tratamiento control (100% riego) y al tratamiento de sequía (DHC) a los 0, 4, 8, 21 y 28 días de iniciados los tratamientos, para (A) Mariana2624, (B) Garnem, (C) Cab 6P y (D) Mazzard F12.





► **Figura 3.** Tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> de los cuatro portainjertos de carozos frente al tratamiento control (100% riego) y al tratamiento de sequía (DHC) a los 0, 4, 8, 21 y 28 días iniciado los tratamientos, para (A) Mariana2624, (B) Garnem, (C) Cab 6P y (D) MazzardF12.

El CEAF, con el apoyo de INIA, busca posicionarse en la Región de O'Higgins y a nivel nacional como un referente en estudios relacionados con portainjertos para frutales de carozos. Por ello ha planteado entre sus objetivos la evaluación y generación de portainjertos de carozos tolerantes a estrés hídrico, ya sea por exceso de humedad en el suelo (hipoxia) o déficit hídrico. La mayoría de los actuales portainjertos para carozos son híbridos propagados asexualmente, que han sido desarrollados en los últimos 25 años con resistencia o tolerancia a nemátodos y a algunos patógenos de suelo, como Atlas y Viking (Zaiger Genetics); portainjertos que se adaptan bien a suelos alcalinos con pH sobre 7.5, como Titan, Hansen, Atlas y Viking; portainjertos con tolerancia a bajas temperaturas, como Siberian C, HarrowBlood, Tzim Pee Tao, H7338013 y H7338019 (generados por el Programa de Mejoramiento Genético de Canadá), así como Krymsk@1,

Krymsk@2 y Krymsk@86 (generados en Rusia); y portainjertos para el manejo del vigor de la planta, como los enanizantes y semi-enanizantes, entre otros.

Respecto al desarrollo de portainjertos para especies Prunus con tolerancia a estrés hídrico, es poco lo que se ha avanzado, y la información que existe se basa en la respuesta observada sólo de algunos portainjertos a déficit hídrico (Tabla 1). En general, la capacidad de profundización y crecimiento de las raíces es fundamental al momento de enfrentar los efectos del déficit hídrico en una plantación. Por ende, se ha reportado que los portainjertos más vigorosos evidencian una mejor respuesta a este tipo de estrés, como: GF 677, Adafuel, Hansen 2168, Cadaman y Nemaguard, entre otros, que cumplen esta característica, adaptándose mejor a condiciones de suelo seco (Loretty Massai, 2006).

► **Tabla 1:** Caracterización de algunos portainjertos de carozos en función de su respuesta a estrés osmótico y la disponibilidad hídrica del suelo.

Tolerante a asfixia radicular por exceso de humedad	Tolerante a sequía	Tolerante a salinidad	Otras-estrés abiótico
<b>CAB 6</b> ( <i>Prunus cerasus</i> ) Buena adaptación a suelos con problemas de asfixia, tolerante a sequía	<b>AFGANO</b> ( <i>P. dasycarpa</i> ) Tolerante a sequía y clorosis férrica	<b>ATLAS</b> ( <i>Prunus pérsica</i> X <i>P. dulcis</i> X <i>P. cerasifera</i> X <i>P. mume</i> ). Tolerante a suelos salinos y alcalinos. Intolerante a estrés hídrico	<b>FELINEM® (GxN-22)</b> ( <i>P. dulcis</i> x <i>P. pérsica</i> ) (Garfi x Nemared) Tolerante a clorosis férrica por suelos alcalinos
<b>CADAMAN</b> ( <i>Prunus persica</i> x <i>Prunus davidiana</i> ) Moderadamente a la asfixia y sensible a déficit hídrico	<b>CAB 6P</b> ( <i>Prunus cerasus</i> ) Buena adaptación a suelos con problemas de asfixia, tolerante a sequía	<b>GARNEM® (GxN-15)</b> ( <i>P. dulcis</i> x <i>P. pérsica</i> ) (Garfi x Nemared) Mayor tolerancia a salinidad	<b>GARNEM® (GxN-15)</b> ( <i>P. dulcis</i> x <i>P. pérsica</i> ) Tolerante a clorosis férrica por suelos alcalinos
<b>CITATION</b> ( <i>Prunus pérsica</i> X <i>Prunus salicina</i> ) Buena adaptación a suelos con problemas de asfixia	<b>GF 677</b> ( <i>Prunus pérsica</i> x <i>Prunus amygdalus</i> ) Tolerante a condiciones de sequía y sensible a asfixia. Buen comportamiento en suelos calcáreos	<b>GF 677</b> ( <i>Prunus pérsica</i> x <i>Prunus amygdalus</i> ) Mayor capacidad para controlar la acumulación de iones tóxicos	<b>Gisela 3 (G3), Gisela 5 (G5), Gisela 6 (G6), Gisela 12 (G12)</b> ( <i>P. cerasus</i> x <i>P. canescens</i> ) Sensible a salinidad y tolerantes a bajas temperaturas
<b>COLT</b> ( <i>Prunus avium</i> x <i>Prunus pseudocerasus</i> ) Moderadamente resistente a problemas de asfixia y sensible a déficit hídrico.	<b>MAHELEB</b> ( <i>P. maheleb</i> ) Muy tolerante a déficit hídrico. Sus raíces alcanzan mayor profundización. Sensible a inundación.	<b>PAC-941</b> ( <i>P. cerasifera</i> x <i>P. dulcis</i> ) Mayor tolerancia a salinidad	<b>HÍBRIDO BRIGHT</b> ( <i>P. amygdalus</i> Batsch syn. <i>P. dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb 'Mission' x <i>P. persica</i> 'Nemared') Tolerante a condiciones de suelo calcáreo sensible a asfixia
<b>GF 8-1</b> ( <i>P. marianna</i> ) Buena adaptación a suelos con problemas de asfixia radicular por exceso de humedad	<b>MYROBALAN 29-C</b> ( <i>Prunus cerasifera</i> ) Tolerante a sequía y asfixia		<b>KRYMSK 5, KRYMSK 6</b> ( <i>P. cerasus</i> x ( <i>P. cerasus</i> x <i>P. maackii</i> )) Se adapta a climas fríos y calurosos y suelos pesados
<b>MARIANNA 2624</b> ( <i>Prunus cerasifera</i> x <i>Prunus munsoniana</i> ) Tolerante a suelos con exceso de humedad	<b>MONEGRO® (GxN-9)</b> ( <i>P. dulcis</i> x <i>P. persica</i> ) (Garfi x Nemared) Alta tolerancia a sequía.		<b>KV010-123 KV010-127</b> ( <i>Prunus pérsica</i> ) Tolerantes a bajas temperaturas
<b>MAXMA 14</b> ( <i>Prunus mahaleb</i> x <i>Prunus avium</i> ) Se adapta a una amplia variedad de suelo y climas, tolera moderadamente la asfixia radicular por exceso de humedad.	<b>NEMAGUARD</b> ( <i>P. persica</i> x <i>P. davidiana</i> hybrid) Prefiere suelos arenosos. Susceptible a asfixia radicular. Tiene mejor capacidad de profundización y crecimiento de las raíces		<b>MAZZARD</b> ( <i>Prunus avium</i> ) No se adapta bien a suelos mal drenados y con exceso de humedad. Más tolerante que Mahaleb, a bajas temperaturas
<b>MYROBALAN 29-C</b> ( <i>Prunus cerasifera</i> ) Se adapta a una amplia variedad de suelo, incluyendo suelos pesados	<b>SANTA LUCÍA 64</b> (selección de <i>Prunus mahaleb</i> ) Tolerante a sequía y a suelos calcáreos		<b>NEMARED</b> ( <i>Nemaguard</i> x <i>P. pérsica</i> ) Susceptible a suelos calcáreos y asfixia radicular.



<p><b>MYROBOLAN P 2175</b> (<i>Prunus cerasifera</i>) Tolerante a suelos con exceso de humedad.</p>	<p><b>WEIROOT R 158</b> (<i>Prunus cerasus X Prunus avium</i>) Tolerante a asfixia radicular, suelos calcáreos y escasa disponibilidad hídrica.</p>		<p><b>VIKING</b> (<i>Prunus pérsica X P. dulcis X P. cerasifera, P. mume</i>) Intolerante a suelo húmedos y deshidratación en el trasplante.</p>
<p><b>TABEL EDABRIZ</b> (Clon seleccionado por INRA de <i>Prunus cerasus</i>) Moderadamente resistente a asfixia y sensible a estrés hídrico.</p>			
<p><b>WEIROOT R 158</b> (<i>Prunus cerasus X Prunus avium</i>) Tolerante a asfixia radicular, suelos calcáreos y escasa disponibilidad hídrica.</p>			
<p><b>MRS 2/5</b> (<i>P. cerasifera x P. spinosa</i>) Tolerante a asfixia radicular y suelos calcáreos.</p>			

Adaptado de Loreti y Massai, 2006; Moreno et al., 2008; Johnson y DeJong, 2012

## Referencias ◀

- Loreti F. Massai R. 2006. State of the Art on Peach Rootstocks and Orchard Systems. Symposium a Quarterly Journal in Modern Foreign Literatures, p253-268.
- Moreno MA, Gogorcena Y. Pinochet J. 2008. Mejora y selección de patrones prunus tolerantes a estreses abióticos. En: La adaptación al ambiente y los estreses abióticos en la mejora vegetal, p 451-475. Junta de Andalucía, Dirección General de Planificación y Análisis de Mercados, Servicio de Publicaciones y Divulgación. Sevilla.
- Pinochet J. Cunill M. Torrents J. Moreno MA, Gogorcena Y. Jiménez S. Eremin V. Eremin G. 2008. Performance of new low and medium vigour rootstocks for peach to biotic and abiotic stresses. 18th Eucarpia General Congress (Modern Variety Breeding for Present and Future Needs), Valencia, 9-12 de septiembre de 2008.
- Scott Johnson R., De Jong T. 2012. California 2012 Annual Report of NC-140 Cooperative Regional Project. <http://ucanr.edu/sites/fruitreport/files/163208.pdf>

