

Efecto de ocho portainjertos sobre la producción de dos variedades de cerezo

Tersoglio, E. y Setien, N.

DOI 10.31047/1668.298x.v38.n2.27429

RESUMEN

Los portainjertos mejoran la adaptación de la variedad a diferentes condiciones ambientales e incrementan la producción. Se midió la influencia de los portainjertos SL 64, MxM 60, MxM 14, CAB 6P, Weiroot 13, GiSeLa® 5, GiSeLa® 6 y Mariana 2624 con filtro Adara, sobre la producción de dos variedades de cerezo. El diseño experimental fue por bloques completos al azar, con seis repeticiones. Las variables fueron: producción cosechada (P_{rFC}), afinidad productiva (A_1), precocidad del árbol (P_{rec}), producción fruta sana (P_{rFS}), fracción de pérdida (f_{Per}) y volumen de dosel (VD_{ct}). Salinidad edáfica asoció con mayor f_{Per} y menor P_{rFC} , P_{rFS} y P_{rec} . Variedad influyó sobre P_{rFS} y f_{Per} ; portainjerto lo hizo sobre P_{rFC} y P_{rFS} e interacción lo hizo sobre P_{rFC} , P_{rFS} y f_{Per} . VD_{ct} fue un predictor impreciso de P_{rFC} y de P_{rFS} pero, P_{rFC} fue un predictor robusto de P_{rFS} . En las condiciones del ensayo, Bing sobre MxM 60 o Weiroot 13 y Celeste sobre SL 64, MxM 60 o Adara-M2624 tuvieron alta P_{rFS} , buena adaptación edafoclimática, precocidad y la mayor P_{rFS} en condiciones de lluvia durante la cosecha. Las combinaciones de Bing sobre MxM14, GiSeLa® 6 o Adara-M2624 registraron alta P_{rFS} pero con diferencias de adaptación edafoclimática. La afinidad variedad-portainjerto fue altamente específica.

Palabras clave: producción de fruta sana, fracción de pérdida, precocidad, afinidad productiva

Tersoglio, E. y Setien, N., 2021. Effect of eight rootstocks on the production of two sweet cherry varieties. Agriscientia 38 (2): 63-73

SUMMARY

Rootstocks improve variety adaptation to different environmental conditions and increases production. The influence of SL 64, MxM 60, MxM 14, CAB 6P, Weiroot 13, GiSeLa® 5, GiSeLa® 6 and Mariana 2624 with Adara filter as rootstocks was measured on the production of two sweet cherry varieties. The experimental design was a randomized complete block design with six replications. The variables were: harvested fruit production per tree (P_{rFC}),

production affinity (A_i), tree precocity (P_{rec}), damage-free fruit production (P_{rfs}), rejected fruit fraction (f_{per}) and canopy volume (VD_{ct}). Edaphic salinity correlated with higher f_{per} and lower P_{rfs} , P_{rfs} and P_{rec} . Variety influenced P_{rfs} and f_{per} ; rootstock influenced P_{rfs} and P_{rfs} , and interaction influenced P_{rfs} , P_{rfs} and f_{per} . VD_{ct} was an imprecise predictor of P_{rfs} and P_{rec} but, P_{rfs} was a robust predictor of P_{rfs} . Under experimental conditions, Bing on MxM 60 or W 13 and Celeste on SL 64, MxM 60 or Adara-M2624 had high P_{rfs} , good soil-climate adaptation, precocity and the highest P_{rfs} in rainy conditions at harvest. The combinations of Bing on MxM 14, GiSeLa® 6 or Adara-M2624 showed high P_{rfs} , but differences in soil-climate adaptation were observed. The variety-rootstock affinity was highly specific.

Keywords: damage-free fruit production, rejected fruit fraction, precocity, production affinity

Tersoglio, E. (ORCID: 0000-0002-0869-4858) y Setién, N. (ORCID: 0000-0002-5870-3601): Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Mendoza., Av. San Martín 3853, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. Correspondencia a: tersoglio.eduardo@inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

Los portainjertos son un componente esencial de la fruticultura moderna debido a su capacidad de adaptar las variedades a diferentes condiciones ambientales. Estos proporcionan cualidades que están ausentes en la variedad, como resistencia a plagas y enfermedades de suelo, mejor anclaje, absorción de nutrientes y tolerancia a la hipoxia, entre otros. Además, interaccionan con la variedad, dando características productivas específicas ya que modifican el vigor que permiten huertos de diferentes densidades de plantación (Aglar y Yıldız, 2014; Fajt, Jug et al., 2014; Sansavini y Lugli, 2014; Gainza et al., 2015). También influyen en el rendimiento, la precocidad y la arquitectura de la planta (Whiting et al., 2005) y la eficiencia productiva y la de cosecha (Ampatzidis y Whiting, 2013).

Los antecedentes indican que los portainjertos afectan la producción por árbol, la eficiencia de rendimiento (Fajt, Folini et al., 2014; López-Ortega et al., 2016) y los atributos de calidad de la fruta (Gonçalves et al., 2006). Además, un mismo portainjerto tiene diferentes desempeños según las condiciones agroclimáticas de la región, destacando la importancia de la selección local de los materiales genéticos mejor adaptados (Gonçalves et al., 2006; Usenik et al., 2006; Sansavini y Lugli, 2014; Ljubojevic et al., 2016) y en especial, los portainjertos restrictivos (Fajt,

Folini et al., 2014). En el mundo, la causa de pérdida de mayor importancia, por su intensidad y frecuencia, es el agrietado. Este proceso se asocia a la absorción directa y pasiva de agua de lluvia a través de la membrana cuticular que es hidrófoba, pero discontinua. Tales fracturas permiten la entrada a través de la epidermis del fruto (Winkler et al., 2016). Además, existe una vía indirecta, que es la absorción de agua a través de las raíces (Measham et al., 2010; Measham et al., 2014). Ambos caminos serían complementarios y provocan una expansión de las paredes celulares de la epidermis, una ruptura de la membrana cuticular luego, una falla de la epidermis e hipodermis con la consecuente formación de grietas visibles que liberan la tensión (Schumann y Knoche, 2020). En tal sentido, la combinación variedad-portainjerto ideal es aquella que induce baja proporción de pérdida en temporadas con condiciones climáticas adversas.

Es muy importante para la industria local la selección de portainjertos con buena adaptación edafoclimática que permitan alcanzar temprana y frecuentemente alta producción de calidad, mejorando la sostenibilidad económica (Whiting et al., 2005; Seavert y Long, 2007; López-Ortega et al., 2016) y que reduzcan la huella de carbono (Rana et al., 2019).

Los portainjertos de cerezos utilizados con mayor frecuencia en la provincia de Mendoza son: *Prunus avium* L., *Prunus mahaleb* L. y más recientemente

la selección CAB 6P de *Prunus cerasus* L. Aunque, con desempeños aceptables, cada uno presenta ventajas y limitaciones. Actualmente, *P. avium* es poco utilizado, por su elevado vigor y baja precocidad. *P. mahaleb* clon SL 64 tiene elevada susceptibilidad a la hipoxia, aunque es resistente a sequía (Jiménez et al., 2007; López-Ortega et al., 2016). El portainjerto CAB 6P es de vigor intermedio y productivo (Sansavini y Lugli, 2014), tiene buena sobrevivencia (Pimentel et al., 2014) pero baja precocidad (Gratacós et al. 2007) y es sensible a la salinidad (Papadakis et al., 2018).

El objetivo del trabajo fue establecer la influencia de ocho portainjertos sobre la producción de fruta cosechada y la de fruta sana, libre de daños y defectos, de dos variedades de cerezos, en las condiciones agroclimáticas locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones del ensayo

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria INTA, Mendoza, Argentina (33° 00' 13" S, 68° 51' 34" O y 920 m s.n.m.) cuyo clima es continental árido y desértico, con una temperatura media anual de 17 °C con gran amplitud térmica. Los veranos son cálidos, con una precipitación media de 190 mm. La oferta media de frío invernal es de 1106 unidades de frío Utah (Tersoglio y Naranjo, 2007). La profundidad del suelo oscila entre 0,90 m y 1,50 m, textura franco-arcillosa con capas lenticulares horizontales compactadas.

Las características edáficas de cada bloque fueron: bloque I (BI) con CE_{es} 2,88 dS.m⁻², porcentaje de limo-arcilla (%L+A) 50 g%g y contenido total de N (N_T) 606 mg.kg⁻¹; bloque II (BII) con CE_{es} 1,71 dS.m⁻², %L+A 55 g%g y N_T 603 mg.kg⁻¹; bloque III (BIII) con CE_{es} 1,55 dS.m⁻², %L+A 58,5 g%g y N_T 628 mg.kg⁻¹; bloque IV (BIV) con CE_{es} 1,55 dS.m⁻², %L+A 59 g%g y N_T 562 mg.kg⁻¹; bloque V (BV) con CE_{es} 1,43dS.m⁻², %L+A 57 g%g y N_T 579 mg.kg⁻¹; bloque VI (BVI) con CE_{es} 1,51 dS.m⁻², %L+A 50 g%g y N_T 627 mg.kg⁻¹.

El ensayo se inició en el 2004, con un marco de plantación de 3 m entre plantas y 5 m entre hileras, bajo malla antigranizo de 5 m de altura. El sistema de conducción fue de tres ejes por árbol con 6 a 7 laterales en cada uno. El riego, de cuatro líneas de goteo por hilera, aplicó una lámina horaria de 1,9 mm con una reposición fija de 7,6 mm cada vez que el suelo alcanzó un potencial matriz de 30-40 kPa. Las fertilizaciones fueron de postcosecha y otoñales según Silva y Rodríguez (1995).

Materiales vegetales

Se estudió el comportamiento productivo de ocho portainjertos durante el período comprendido entre el cuarto y el octavo año después de la injertación (ADI). Los portainjertos fueron: *P. mahaleb* L. selección SL 64, los híbridos inter-específicos (*P. mahaleb* x *P. avium*) selecciones MxM 60 y MxM 14, las selecciones de *P. cerasus* L. CAB 6P y Weiroot 13 (W 13), los híbridos interespecíficos (*P. cerasus* x *P. canescens*) selecciones GiSeLa® 5 (G 5) y GiSeLa® 6 (G 6). También se utilizó una combinación portainjerto-filtro formada por Mariana 2624 (M2624) (*P. cerasifera* Ehrh. x *P. munsoniana* W. Wight & Hedrick) y por la selección Adara de *P. cerasifera* var. Mirobalán, respectivamente. El filtro Adara es intercompatible con M2624 y con *P. avium* formando un "bionte" denominado Adara-M2624 (Moreno et al., 1995). Según Tersoglio y Setien (2016) el dosel de los portainjertos SL 64 y MxM 60 se clasificó como vigoroso; el de MxM 14, CAB 6P y Adara-M2624 como semivigoroso; el de W 13 como semienanizante; el de G 6, enanizante y el de G 5, muy enanizante.

Las variedades utilizadas fueron: Bing obtenida por Seth Lewelling en 1875 por semilla de la variedad Republican (Serradilla et al., 2015), clon OB260 seleccionado por la Universidad de Oregon (EE UU), vigor medio-alto, auto-incompatible grupo III, maduración, productividad y tamaño medio, excelente calidad gustativa, susceptible al agrietado; y Celeste, de vigor medio, auto-fértil grupo IX, floración media (1-2 días después de Bing) maduración temprana, productividad media alta, tendencia a la sobrecarga, pedúnculo corto, buena firmeza, muy susceptible al agrietado.

Cosecha, muestreo y clasificación de frutos

La cosecha se inició cuando, aproximadamente, un tercio de la producción alcanzó grado de color 3 en la tabla de colores de cosecha de cereza de la EEA INTA Mendoza, equivalente al código 4 de la tabla de colores Ctifl (Francia, 2005). La cosecha se hizo en una o dos pasadas dependiendo de la concentración de la madurez, pero sólo se evaluó la primera. El muestreo de cosecha fue sistemático y correspondió al 10% de la producción de las plantas que formaron cada unidad experimental (UE). La muestra se identificó y se envió al laboratorio para su análisis. En laboratorio, de cada muestra se extrajo al azar una sub-muestra, que osciló entre 1,0 kg y 3,0 kg, según producción. Los frutos de cada sub-muestra se clasificaron según presencia/ausencia de daños y/o defectos.

Variables de estudio

Producción cosechada por árbol (P_{rFC}) es la producción media de las plantas de una UE y representa el potencial productivo. Se expresa en kg por árbol.

Afinidad productiva (A_i) se calcula como la relación entre las P_{rFC} de ambas variedades sobre un mismo portainjerto. Compara el potencial productivo de ambas variedades sobre un mismo portainjerto. Por ser adimensional mide las veces que, eventualmente, la P_{rFC} de una variedad supera a la de la otra.

Precocidad de producción (P_{rec}) es un atributo productivo que mide la capacidad de un portainjerto de inducir, en una variedad, una producción temprana que supere la media (Usenik et al., 2006).

Fracción de pérdida (f_{per}) es la proporción de fruta dañada o defectuosa; se expresa como g de fruta perdida por presencia de daños y defectos por cada g de fruta cosechada.

Producción fruta sana (P_{rFS}) es la producción media por árbol libre de daños y de defectos macroscópicos. Es una variable calculada como el producto entre P_{rFC} y el complemento de la f_{per} . Representa el potencial productivo de fruta comercializable, sin la limitación de tamaño, se expresa en kg por planta.

Debido a las grandes pérdidas registradas por agrietado en el séptimo ADI, se estudió el efecto portainjerto e interacciones sobre P_{rFS} . La variedad Celeste y Bing experimentaron 89 mm y 86 mm de precipitación y 49 h y 54 h de mojado, respectivamente.

Volumen de dosel cono truncado (VD_{ct}): el cálculo asumió la forma de cono truncado, utilizando la fórmula $VD_{ct} = \pi \cdot (R^2 + r^2 + Rr) \cdot h \cdot 1/3$ siendo $R = (E+L)/2$, mientras que el radio menor (r) asumió un valor de 0,40 m (Usenik et al., 2006).

Análisis estadísticos

El diseño fue por bloques completos al azar, con seis repeticiones de cuatro plantas por UE (Jiménez et al., 2007). Los datos analizados correspondieron sólo a plantas sanas. El análisis de componentes principales (ACP) y el de la varianza (ANOVA) se realizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2018). La prueba de comparación múltiple de medias del ANOVA fue Scott & Knott (S&K) y el nivel de significancia fue $p \leq 0,05$. Los coeficientes de correlación utilizados fueron de Pearson y de Spearman, según correspondió.

Los modelos de regresión fueron seleccionados con Table Curve 2D 5.0 (Systat, 2005). Se utilizó el método de comparación de regresiones anidadas (Mendenhall y Sincich, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis exploratorio de componentes principales (ACP)

El ACP (Figura 1) mostró que las variables edáficas que mejor representaron el efecto bloque fueron CE_{es} , %L+A y N_T las variables productivas fueron P_{rFC} , P_{rFS} y f_{per} . La Figura 1 representa la estructura de variación de tales variables en dos componentes principales, la primera componente (CP1) explicó el 67% de la variabilidad mientras que las dos componentes explicaron el 86% de la variabilidad total. La CP1 separó CE_{es} y f_{per} que explicó el comportamiento de los bloques BI y BII respecto del resto. Mientras que el comportamiento de los BIII y, especialmente, el BVI se explicó por una mayor P_{rFC} y P_{rFS} debido a una menor CE_{es} y un mayor contenido de N_T . La CP2 separó %L+A que explicó el comportamiento del grupo formado por BIV y BV. El coeficiente de correlación cofenética fue 0,984.

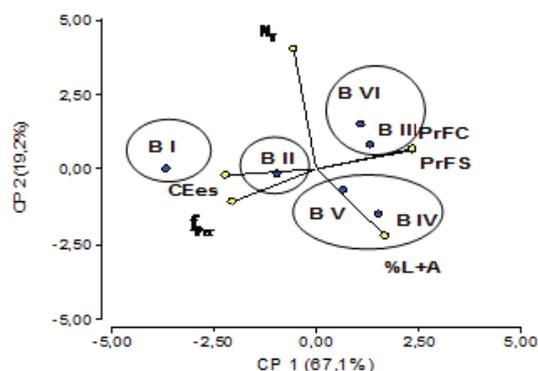


Figura 1. Gráfico biplot de análisis de componentes principales de auto-vectores clasificados según bloque

La longitud de los vectores fue semejante, lo que sugiere una contribución similar de las variables. Los autovectores CE_{es} y f_{per} mostraron asociación negativa con P_{rFC} y P_{rFS} . Mientras que CE_{es} y f_{per} asociaron con magnitud positiva. El incremento de la salinidad redujo el desempeño agronómico, disminuyendo la P_{rFC} , e incrementó la f_{per} reduciendo la P_{rFS} . La salinidad edáfica reduce el crecimiento vegetativo y el contenido de clorofila, aumenta el estrés oxidativo y limita severamente el crecimiento de la raíz en cerezo (Erturk et al., 2007;

López-Ortega et al., 2016; Papadakis et al., 2018).

El BI se caracterizó por presentar alta CE_{es} y f_{Per} que el resto y baja P_{rFC} y P_{rFS} . El BII se definió por valores intermedios de CE_{es} y f_{Per} pero baja P_{rFC} y P_{rFS} . Los BIII y BVI mostraron baja CE_{es} y f_{Per} y alta P_{rFC} y P_{rFS} . Los BIV y BV presentaron baja CE_{es} y N_T , pero valores altos de $\%L+A$, P_{rFC} y P_{rFS} .

Producción cosechada (P_{rFC})

La media de P_{rFC} fue $9,31 \pm 9,7$ kg por árbol, con datos que oscilaron entre un mínimo de 0,0 kg y un máximo de 46,3 kg. Mostró asociación de magnitud intermedia con VD_{ct} ($r=0,63$; $p \leq 0,0001$), con una relación lineal con significancia, pero con bajo poder explicativo ($R^2= 0,40$; $p \leq 0,0001$) indicando que VD_{ct} es un predictor impreciso de la P_{rFC} . Además, asoció con ADI ($r= 0,69$; $p \leq 0,0001$), aunque la relación de causalidad tuvo un modelo lineal ($R^2= 0,48$; $p \leq 0,0001$) que explicó, parcialmente el comportamiento de P_{rFC} con una tasa media anual de 4,76 kg por planta.

La variabilidad de P_{rFC} se explicó por el modelo ($R^2_{Aj}= 0,82$; $p \leq 0,0001$) mediante los efectos bloque ($p= 0,0001$), ADI ($p \leq 0,0001$), portainjerto ($p \leq 0,0001$) e interacciones bloque-ADI ($p \leq 0,0001$), portainjerto-variedad ($p \leq 0,0001$), ADI-portainjerto ($p \leq 0,0001$), ADI-portainjerto-variedad ($p \leq 0,0001$) y bloque-portainjerto-variedad ($p \leq 0,0001$).

La P_{rFC} se inició a partir del cuarto ADI (Tabla 1), semejante a lo observado por Ivanov et al. (2018) y desde el cuarto hasta el octavo ADI se incrementó sistemáticamente por lo que no se alcanzó una meseta productiva (Tabla 1). El mayor incremento de P_{rFC} fue al sexto ADI, con 8,6 kg respecto del quinto.

La Figura 2 muestra el comportamiento general del ensayo, a través de la interacción bloque-ADI. El BI no superó la media, durante los cinco ADI mientras que, a partir del BII, lo hicieron desde el sexto ADI, indicando que la menor fertilidad debida a una mayor CE_{es} , reduce la P_{rec} . El efecto variedad no tuvo significancia ($p \leq 0,6380$).

El mayor potencial productivo representado por P_{rFC} se registró sobre los portainjertos SL 64, MxM 60 y Adara-M2624. Godini et al. (2008) observaron mayor rendimiento sobre SL 64 que sobre MxM 60, indicando que, en bajas latitudes con veranos cálidos, el mejor comportamiento correspondió a clones de *P. mahaleb*. Mientras que López Ortega et al. (2016) reportaron mayor producción sobre Adara-M2624 que sobre SL 64. Además, Jiménez et al. (2007) encontraron que Adara, utilizado como

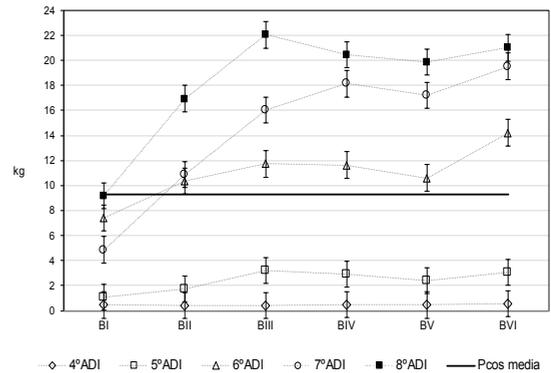


Figura 2. Efecto interacción bloque-ADI sobre la producción cosechada por árbol. Test de Scott & Knott ($\alpha= 0,05$)

portainjerto, alcanzó la mayor producción entre los vigorosos. Le siguió el grupo formado por W 13 y MxM 14 con valores intermedios. Los trabajos de Cantín et al. (2010), Fajt, Folini et al. (2014) y López-Ortega et al. (2016) reportaron menor producción sobre MxM 14 que sobre Adara, aunque semejante a la de SL 64. Luego, un tercer grupo formado por CAB 6P y G 6 con valores menores que la media. Gratacós et al. (2007) encontraron que Bing sobre CAB 6P fue menos productivo que sobre MxM 14, pero Jiménez et al. (2007) reportaron que CAB 6P no diferenció de MxM 14 o SL 64. La menor P_{rFC} fue sobre G 5, consistente a lo observado por Gratacós et al. (2007), Jiménez et al. (2007) y López Ortega et al. (2016) (Tabla 1).

La interacción portainjerto-variedad (Tabla 1) mostró que la mayor P_{rFC} fue alcanzada por Celeste sobre SL 64 o Adara-M2624 con incrementos sobre la media del 56 % y del 74 %, respectivamente. Consistente a lo señalado por Long y Kaiser (2010) y Sansavini y Lugli (2014), que indicaron que las variedades autofértiles son más productivas sobre portainjertos de alto vigor. Le siguieron Celeste sobre MxM 60 y Bing sobre SL 64, MxM 60 o W 13 con incrementos sobre la media del 33 % y del 13 %, 36 % y 22 %, respectivamente. Luego, un tercer grupo, con valores intermedios, compuesto por Bing sobre MxM 14, CAB 6P, G 6 o Adara-M2624 y Celeste sobre MxM 14, CAB 6P y W 13. La variedad Bing sobre G 5 y Celeste sobre G 6 redujeron la P_{rFC} al 50 % de la media. La menor P_{rFC} la registró Celeste sobre G 5 con el 24 % de la media.

La Figura 3 muestra que la variedad Celeste sobre los portainjertos SL 64 o Adara-M2624 registró 1,38 y 1,85 veces mayor A_j que Bing sobre los mismos portainjertos, respectivamente (Tabla 1). La evidencia indica que variedades autofértiles de vigor medio inducen abundante carga frutal

Tabla 1. Efecto bloque, ADI, portainjerto, variedad e interacción portainjerto-variedad sobre la P_{rFC} , P_{rFS} , f_{Per} y VD_{ct}

Efectos		$^2P_{rFC}$ (kg/pta)	$^3P_{rFS}$ (kg/pta)	$^4f_{Per}$ g g ⁻¹	$^5VD_{ct}$ (m ³)
Bloque	I	4,6 a	2,8 a	0,39	9,9 a
	II	8,1 b	4,9 b	0,40	15,2 b
	III	10,7 c	6,9 c	0,36	19,6 c
	IV	10,7 c	6,8 c	0,35	19,0 c
	V	10,1 c	6,0 c	0,36	18,2 c
	VI	11,7 c	7,2 c	0,34	19,0 c
1ADI	4to	0,5 a	0,4 a	0,23 a	12,2 a
	5to	2,4 b	1,5 b	0,38 b	14,6 b
	6to	11,0 c	7,4 d	0,35 b	19,4 d
	7to	14,4 d	5,9 c	0,61 c	19,7 d
	8vo	18,2 e	13,6 e	0,26 a	18,1 c
Portainjerto	SL 64	12,5 d	7,9 c	0,35	24,1 g
	MxM 60	12,5 d	8,0 c	0,35	22,9 f
	MxM 14	9,1 c	5,5 b	0,39	18,5 d
	CAB 6P	7,4 b	4,5 b	0,37	20,3 e
	W1 3	10,1 c	6,6 c	0,36	15,8 c
	G 5	3,4 a	2,2 a	0,37	4,7 a
	G 6	6,8 b	4,1 b	0,37	8,8 b
	Adara	12,5 d	7,3 c	0,37	19,2 d
Variedad	Bing	9,3	6,5 b	0,27 a	19,2 b
	Celeste	9,3	5,0 a	0,46 b	14,4 a
Portainjerto- variedad	B-SL 64	10,5 d	7,5 e	0,27 a	25,3 i
	B-MxM 60	12,7 d	8,5 e	0,27 a	25,3 i
	B-MxM1 4	9,8 c	6,4 d	0,34a	20,5 g
	B-CAB 6P	7,7 c	5,3 c	0,29 a	21,7 g
	B-W 13	11,4 d	8,0 e	0,28 a	18,5 f
	B-G 5	4,6 b	3,5 b	0,22 a	7,3 c
	B-G 6	9,0 c	6,2 d	0,27 a	12,1d
	B-Adara	8,8 c	6,6 d	0,25 a	23,0 h
	C-SL 64	14,5 e	8,4 e	0,44 b	22,9 h
	C-MxM 60	12,3 d	7,4 e	0,42 b	20,6 g
	C-MxM 14	8,4 c	4,6 c	0,43 b	16,5 e
	C-CAB 6P	7,2 c	3,7 b	0,46 b	18,9 f
	C-W 13	8,9 c	5,1 c	0,43 b	13,1 d
	C-G 5	2,3 a	1,0 a	0,51 c	2,2 a
	C-G 6	4,6 b	2,2 a	0,47 c	5,5 b
	C-Adara	16,2 e	7,9 e	0,50 c	15,3 e

Para cada columna y efecto, las medias seguidas por una letra común no son significativamente diferentes según el Test de Scott & Knott ($p > 0,05$). 1ADI (Años Después de la injertación), $^2P_{rFC}$ (Producción media cosechada por árbol), $^3P_{rFS}$ (Producción media de fruta sana por árbol), $^4f_{Per}$ (Fracción de pérdida), $^5VD_{ct}$ (Volumen de dosel como truncado).

sobre portainjertos vigorosos o semi-vigorosos (Robinson et al., 2008; Long y Kaiser, 2010; Sansavini y Lugli, 2014). La variedad Bing sobre los portainjertos G 5, G 6 o W 13 registró 2,05; 1,96 y 1,29 veces mayor A_f que Celeste sobre los mismos portainjertos, respectivamente. Según, Sansavini y Lugli (2014) los portainjertos enanizantes mejoran el desempeño productivo de variedades auto-incompatibles. Así mismo, Long y Kaiser (2010) indicaron que los portainjertos semienanizantes son los indicados para cultivar variedades de baja

a media productividad. Por lo tanto, para alcanzar una alta P_{rFC} se deben seleccionar combinaciones específicas de portainjerto-variedad. Los trabajos de Robinson et al. (2008) y de Sansavini y Lugli (2014) mencionan que los portainjertos mejoran el desempeño productivo de una variedad en relación a otra.

Por otro lado, existen portainjertos como MxM 60, MxM 14 o CAB 6P que no diferencian P_{rFC} entre variedades y consecuentemente no presentan A_f , considerándose portainjertos estables al cambio

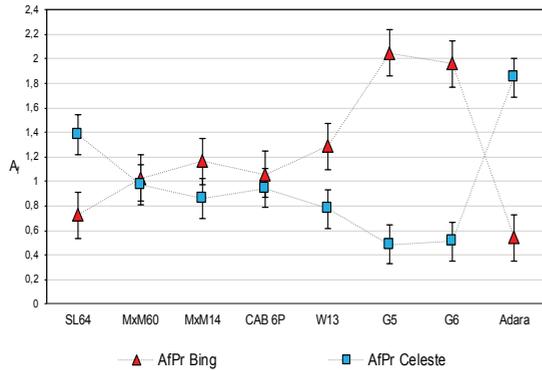


Figura 3. Efecto interacción portainjerto-variedad sobre la afinidad productiva. Test de Scott & Knott ($\alpha=0,05$)

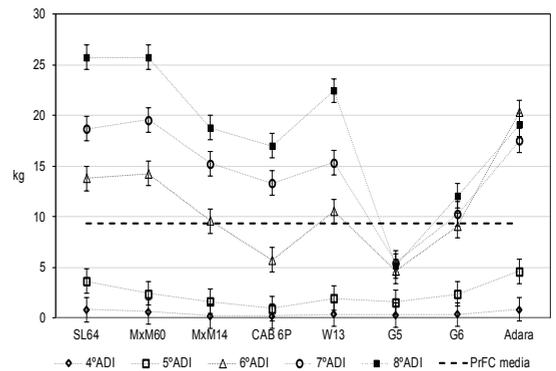


Figura 4. Efecto interacción ADI-portainjerto sobre la producción cosechada. Test de Scott & Knott ($\alpha=0,05$)

varietal, aunque alcanzan sólo valores de P_{rFC} intermedios (Tabla 1).

La Figura 4 muestra el efecto interacción ADI-portainjerto sobre la P_{rFC} . Los árboles sobre SL 64, MxM 60 o Adara-M2624 superaron consistentemente la P_{rFC} media, a partir del sexto ADI. Sin embargo, la interacción ADI-portainjerto-variedad de la Figura 5 muestra que sólo las combinaciones de Bing sobre SL 64, MxM 60, W 13 o G 6 y las de Celeste sobre SL 64, MxM 60 o Adara-M2624, superaron la P_{rFC} media, a partir del sexto ADI, siendo las de mayor P_{rec} . Las combinaciones de Bing con G 5 o de Celeste con G 5 o G 6 mostraron baja P_{rFC} (datos no mostrados) probablemente, debido a la falta de adaptación a condiciones de clima árido (Fajt, Jug et al., 2014; Sansavini y Lugli, 2014).

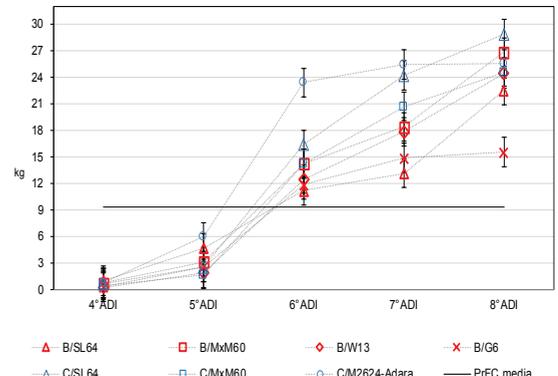


Figura 5. Combinaciones portainjerto-variedad que superaron la media de producción cosechada con mayor frecuencia. Test de Scott & Knott ($\alpha=0,05$)

La Figura 6 muestra que Bing sobre MxM 60 o W 13 superaron la P_{rFC} en cinco de los seis bloques y que MxM 14 o G 6 lo hicieron en la mitad de los bloques. La variedad Celeste superó la media sobre SL 64 o Adara-M2624 en cinco de los seis bloques y MxM 60 lo hizo en cuatro bloques.

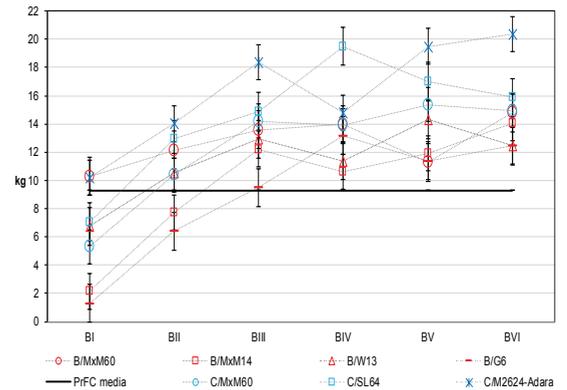


Figura 6. Combinaciones portainjerto-variedad que superaron la media de producción cosechada, en mayor número de bloques. Test de Scott & Knott ($\alpha=0,05$)

Se destaca el desempeño de Bing sobre el semienanizante W 13 o sobre el enanizante G 6, con doseles de tamaño reducido (Tersoglio y Setián, 2016), que posibilitan el aumento de la densidad de plantación y eventual, incremento del rendimiento, consistente con lo mencionado por Long y Kaiser (2010).

Producción de fruta sana (P_{rFS})

La P_{rFS} media fue $5,76 \pm 6,8$ kg por planta, que correspondió al 62% de la P_{rFC} , con valores que oscilaron entre un mínimo de 0,0 kg y un máximo de 32,2 kg.

La P_{rFS} asoció con VD_{ct} ($r=0,56$; $p \leq 0,0001$), con

una relación ($R^2=0,31$; $p \leq 0,0001$) y también con ADI ($r=0,74$; $p \leq 0,0001$) con una relación ($R^2=0,41$; $p \leq 0,0001$). Ambos modelos fueron lineales, con significancia, pero de bajo poder explicativo. Asoció con variedad ($r=0,45$; $p \leq 0,0001$) y lo hizo

con alta magnitud con P_{rFC} ($r = 0,90$; $p \leq 0,0001$), con una relación lineal ($R^2 = 0,85$; $p \leq 0,0001$), indicando que la P_{rFS} fue altamente dependiente de P_{rFC} en las condiciones del ensayo.

La variabilidad de P_{rFS} fue explicada por el modelo ($R^2_{Aj} = 0,79$; $p \leq 0,0001$) a través de los efectos bloque ($p \leq 0,0001$), ADI ($p \leq 0,0001$), portainjerto ($p \leq 0,0001$), variedad ($p \leq 0,0001$), interacción portainjerto-variedad ($p \leq 0,0001$), ADI-portainjerto-variedad ($p = 0,0039$) y bloque-portainjerto-variedad ($p = 0,0092$).

La Tabla 1 muestra que P_{rFS} al igual que P_{rFC} se inició al cuarto ADI con el 7 % de la media, hasta un incremento del 136 % sobre la media, en el octavo ADI. Pero, a diferencia de la P_{rFC} , la P_{rFS} del séptimo ADI fue inferior a la del sexto ADI, debido a la alta f_{Per} , consecuencia de condiciones climáticas adversas durante la cosecha (Tabla 1).

La P_{rFS} de Bing fue 29 % mayor que la de Celeste (Tabla 1), indicando la importancia de la selección varietal.

Los portainjertos SL 64, MxM 60, W 13 o Adara-M2624 registraron la mayor P_{rFS} , mientras que, la de G 5 registró la menor (Tabla 1).

La mayor P_{rFS} de la variedad Bing se registró sobre SL 64, MxM 60 o W 13 seguidos por MxM14, G 6 o Adara-M2624 con incrementos del 30 %, 47 % y 39 % y del 11 %, 7 % y 15 % sobre la media, respectivamente. Mientras que la variedad Celeste alcanzó la mayor P_{rFS} sólo sobre SL 64, MxM 60 o Adara-M2624 con incrementos del 46 %, 29 % y 37 % sobre la media, respectivamente. El resto de las combinaciones tuvo P_{rFS} menor que la media. La variedad Bing sobre CAB 6P y Celeste sobre MxM 14 o W 13 redujeron la P_{rFS} al 91 %, 79 % y 89 % de la media, respectivamente. El grupo formado por Bing sobre G 5 y Celeste sobre CAB 6P la redujo al 61 % y al 64 % de la media, respectivamente. La menor P_{rFS} correspondió a Celeste sobre G 5 o G 6 con reducciones al 16 % y al 38 % de la media, respectivamente (Tabla 1). Se destaca que, excepto el muy enanizante G 5, la variedad Bing registró alta P_{rFS} sobre portainjertos de diferente vigor, mientras que, Celeste lo hizo sólo sobre portainjertos vigorosos, resaltando la importancia de la correcta selección de la combinación (Aglar y Yıldız, 2014; Fajt, Jug et al., 2014; Sansavini y Lugli, 2014; Gainza et al., 2015).

Se resalta el buen desempeño de Bing sobre W 13 que es semienanizante y G 6 que es enanizante, lo cual posibilita incrementar la densidad de plantación.

La Figura 7 muestra que las combinaciones de variedad-portainjerto Bing sobre MxM 60, W 13 o

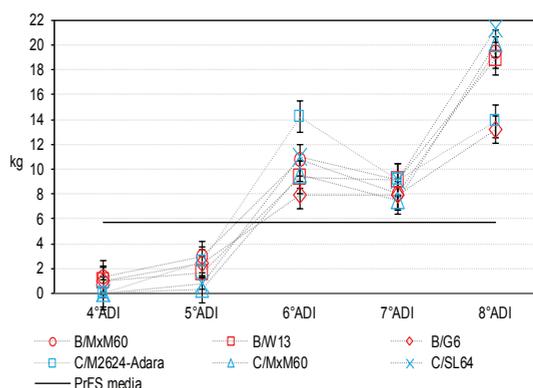


Figura 7. Combinaciones portainjerto-variedad que superaron la media de la producción de fruta sana, con mayor frecuencia. Test de Scott & Knott ($\alpha = 0,05$)

G 6 y Celeste sobre SL 64, MxM 60 o Adara-M2624 superaron la P_{rFS} media más frecuentemente, en tres de los cinco ADI.

La Figura 8 muestra las combinaciones variedad-portainjerto que superaron la P_{rFS} media en el mayor número de bloques. La variedad Bing lo hizo sobre MxM 60, seguida por W 13, en cinco y cuatro de los seis bloques, respectivamente y luego, MxM 14, G 6 o Adara-M2624 que lo hicieron en la mitad de los bloques. La variedad Celeste lo hizo sobre SL 64, en cinco de los seis bloques y sobre MxM 60 o Adara-M2624 lo hicieron en cuatro de los seis bloques.

Debido a que el séptimo ADI registró la mayor f_{Per} (Tabla 1), se analizó en particular, la influencia del efecto interacción portainjerto-variedad sobre la P_{rFS} . La variabilidad de P_{rFS} del séptimo ADI fue explicada por el modelo ($R^2 = 0,79$; $p = 0,0062$) a través de los efectos bloque ($p = 0,0004$), portainjerto ($p = 0,0196$), variedad ($p = 0,0093$) e interacción portainjerto-variedad ($p = 0,0013$). La Figura 9 muestra que la media de P_{rFS} de la variedad Bing registró 6,9 kg y la de Celeste midió 4,9 kg. La variedad Bing superó la media varietal sobre MxM 60, MxM 14 o W 13 y Celeste lo hizo sobre SL 64, MxM 60 o Adara-M2624 con incrementos sobre la correspondiente media varietal del 20, 42 y 37 %, y del 81, 47 y 81 %, respectivamente.

Fración de pérdida (f_{Per})

La f_{Per} media fue $0,37 \pm 0,22$ g de fruta dañada o defectuosa por cada g de fruta cosechada. La f_{Per} sólo asoció con variedad ($r = 0,45$; $p \leq 0,0001$). El modelo ($R^2_{Aj} = 0,79$; $p \leq 0,0001$) explicó la variabilidad mediante los efectos ADI ($p \leq 0,0001$), variedad ($p \leq 0,0001$) e interacciones portainjerto-

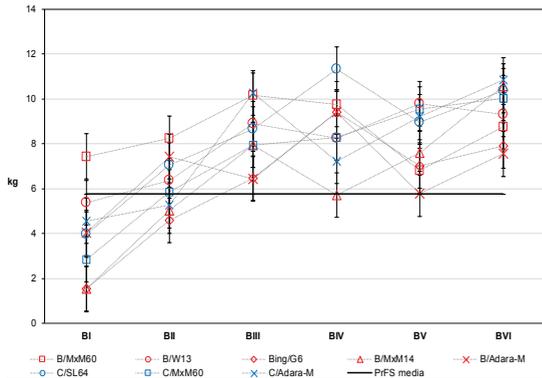


Figura 8. Combinaciones portainjerto-variedad que superan la media de la producción de fruta sana, en mayor número de bloques. Test de Scott & Knott ($\alpha = 0,05$)

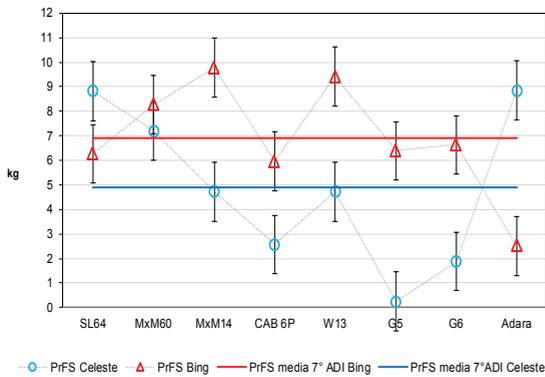


Figura 9. Efecto interacción portainjerto-variedad del 7º ADI, sobre producción de fruta sana. Test de Scott & Knott ($\alpha = 0,05$)

variedad ($p = 0,0008$), bloque-portainjerto-variedad ($p = 0,002$) y ADI-portainjerto-variedad ($p = 0,0027$).

La menor f_{Per} se registró al cuarto y al octavo ADI y la mayor al séptimo ADI con un incremento de $0,24 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ sobre la media (Tabla 1). La variedad Celeste registró un aumento de la f_{Per} de $0,19 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$, que correspondió a un incremento del 70% respecto de la de Bing (Tabla 1). La variedad Celeste midió, consistentemente, mayor f_{Per} durante los cinco ADI y en todos los bloques (datos no mostrados). Portainjerto no tuvo significancia ($p = 0,6308$), al igual que bloque ($p = 0,1283$).

La interacción portainjerto-variedad (Tabla 1) muestra que Bing registró menor f_{Per} que Celeste sobre los portainjertos estudiados, indicando la gran influencia de la variedad. Mientras que, Celeste sobre G 5, G 6 o Adara-M2624 registró f_{Per} con incrementos del 38%, 27% y 35% sobre la media. El resto de los portainjertos registraron aumentos menores que oscilaron entre 14% y el 24% sobre la media (Tabla 1).

CONCLUSIONES

Una mayor CE_{es} reduce la producción cosechada, la de fruta sana y la precocidad. En las condiciones del ensayo, P_{rFS} fue adecuadamente explicada por la P_{rFC} . La afinidad productiva entre variedad y portainjerto tiene alta especificidad en cerezos. La información indica que las variedades mejoran la producción sobre algunos portainjertos vigorosos pero, las auto-incompatibles lo hacen, además, sobre los semienanizantes mientras que, las auto-compatibles lo hacen sobre los semivigorosos. La P_{rFC} , la P_{rFS} y la f_{Per} fue afectada por portainjerto y sus interacciones con variedad, ADI y bloque, indicando que la selección de una combinación debe considerar, además de la producción, la adaptación edafo-climática a las condiciones locales. La mayor producción cosechada se logró sobre SL 64, MxM 60, W 13 y Adara-M2624. Las combinaciones que además, registraron el mayor potencial productivo, precocidad y adaptación a las condiciones edafo-climáticas fueron Bing sobre MxM 60 o W 13 y Celeste sobre SL 64, MxM 60 o Adara-M2624. La mayor producción de fruta sana se logró sobre SL 64, MxM 60, W 13 o Adara-M2624. Las combinaciones que registraron mayor adaptación a las condiciones edafo-climáticas y mejor respuesta bajo condiciones de lluvia fueron Bing sobre MxM 60 o W 13 y Celeste sobre SL 64, MxM 60 o Adara-M2624.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue posible gracias a la valiosa colaboración de los viveros de Frutales Puertas Hnos., Agroviveros SA y Bobafrut SRL.

BIBLIOGRAFÍA

- Aglar, E. y Yıldız, K. (2014). Influence of rootstocks (Gisela 5, Gisela 6, MaxMa, SL 64) on performance of '0900 Ziraat' sweet cherry. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 10, 60-66.
- Ampatzidis, Y. y Whiting, M. (2013). Training system affects sweet cherry harvest efficiency. *HortScience*, 48(5), 547-555.
- Cantín, C., Pinochet, J., Gorgoncena, Y. y Moreno, M. (2010). Growth, yield and fruit quality of 'Van' and 'Stark Hardy Giant' sweet cherry cultivars as influenced by grafting on different rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 123(3), 329-335.
- Erturk, U., Sivritepe, N., Yerlikaya, C., Bor, M., Ozdemir, F. y Turkan, I. (2007). Responses of the cherry rootstock to salinity in vitro. *Biologia Plantarum*, 51(3), 597-600.

- Fajt, N., Jug, T., Biško, A., Purgaj, B., Folini, L., Stainbauer, L. y Usenik, V. s.f. *AlpeAdria Trial - Sweet cherry Regina on three dwarf rootstocks and different plant distances*. Recuperado de: https://www.bordeaux.inra.fr/cherry/docs/dossiers/Activities/Meetings/2014%2010%2013-15_4th%20MC%20and%20all%20WG%20Meeting_Bordeaux/Posters/Fajt_Bordeaux2014.pdf
- Fajt, N., Folini, L., Bassi, G. y Siegler, H. (2014). Lapins' on ten cherry rootstocks in the Alpe Adria Region. *Acta Horticulturae*, 1020, 371-376.
- Gainza, F., Opazo, I., Guajardo, V., Meza, P., Ortiz, M., Pinochet, J. y Muñoz, C. (2015). Rootstock breeding in Prunus species: Ongoing efforts and new challenges. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75, 6-16. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000300002>
- Godini, A., Palasciano, M., Ferrara, G., Camposeo, S. y Pacifico, A. (2008). On the advancement of bud break and fruit ripening induced by hydrogen cyanamide (Dormex®) in sweet cherry: A three-year study. *Acta Horticulturae*, 795, 469-477.
- Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, J., Santos, A., Silva, A., Bacelar, E., Correia, C. y Rosa, E. (2006). Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. *Tree Physiology*, 26, 93-104.
- Gratacós, N., Cortés, B. y Kulczewski, B. (2007). New rootstocks for the Chilean cherry industry. *Compact Fruit Tree*, 4, 19-21.
- Ivanov, I., Balan, V., Pe teanu, A., Vamasescu, S., Balan, P. y Sarban, V. (2018). Influence of the planting distance and the crown shape on the fruit harvest and the productive potential of cherry trees in a high-density system. *Bulletin UASVM Horticulture*, 75(2), 163-168. [dx.doi.org/10.15835/luasvmcn-hort:2018.0014](https://doi.org/10.15835/luasvmcn-hort:2018.0014)
- Jiménez, S., Pinochet, J., Gogorcena, Y., Betrán, J. y Moreno, M. (2007). Influence of different vigour cherry rootstocks on leaves and shoots mineral composition. *Scientia Horticulturae*, 112(1), 73-79.
- Ljubojević, M., Ognjanov, V., Barać, G., Dulić, J., Miodragović, M., Sekulić, M. y Jovanović, N. (2016). Cherry tree growth models for orchard management improvement. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 839-854. <https://doi.org/10.3906/tar-1606-14>
- Long, L. y Kaiser, C. (2010). *Sweet cherry rootstocks for the Pacific Northwest* [Documento PDF]. Pacific Northwest Extension Publishing. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/pnw619.pdf>
- López-Ortega, G., García-Montiel, F., Bayo-Canhaa, A., Frutos-Ruiza, C. y Frutos-Tomás, D. (2016). Rootstock effects on the growth, yield and fruit quality of sweetcherry cv. 'Newstar' in the growing conditions of the Region of Murcia. *Scientia Horticulturae*, 198, 326-335. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.041>
- Measham, P., Gracie, A., Wilson, S. y Bound, A. (2010). Vascular flow of water induces side cracking in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Advances in Horticultural Science*, 24(4), 243-248.
- Measham, P., Wilson, S., Gracie, A. y Bound, S. (2014). Tree water relations: flow and fruit. *Agriculture Water Management*, 137, 59-67.
- Mendenhall, W. y Sincich, T. (1995). *Statistics for engineering and the sciences* (4a. edición). Prentice Hall.
- Moreno, M., Tabuenca, M. y Cambra, R. (1995). Adara, a plum rootstock for cherries and other stone fruit species. *Hortscience*, 30(6), 1316-1317.
- Papadakis, I., Veneti, G., Chatzissavvidis, C. y Therios, I. (2018). Physiological and growth responses of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) plants subjected to short-term salinity stress. *Acta Botanica Croatica*, 77(2), 197-202.
- Pimentel, P., Almada, R., Salvatierra, A., Toro, G., Arismendi, M., Pino, M.T., Sagredo, B. y Pinto, M. (2014). Physiological and morphological responses of Prunus species with different degree of tolerance to long-term root hypoxia. *Scientia Horticulturae*, 180, 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.055>
- Rana, R., Andriano, A., Giungato, P. y Tricase, C. (2019). Carbon footprint of processed sweet cherries (*Prunus avium* L.): From nursery to market. *Journal of Cleaner Production*, 227, 900-910. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.162>
- Robinson, T., Andersen, R. y Hoying, S. (2008). Performance of Gisela® rootstocks in six high density sweet cherry training systems in the northeastern United States. *Acta Horticulturae*, 795, part 1, 245-254.
- Sansavini, S. y Lugli, S. (2014). New rootstocks for intensive sweet cherry plantations. *Acta Horticulturae*, 1020, 411-434.
- Schumann C. y Knoche M. (2020). Swelling of cell walls in mature sweet cherry fruit: factors and mechanisms. *Planta*, 251, 65. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03352-y>
- Seavert, C. F. y Long, L. E. (2007). Financial and economic comparison between establishing a standard and high density sweet cherry orchard in Oregon, USA. *Acta Horticulturae*, 732, 501-504.
- Serradilla, M., Hernández, A., López-Corrales, M., Ruiz-Moyano, S., Guía-Córdoba, M. y Martín, A. (2016). Composition of the cherry (*Prunus avium* L. and *Prunus cerasus* L.; Rosaceae). En: M. Simmonds y V. R. Preedy (Eds), *Nutritional composition of fruit*

- cultivars* (127-147). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00006-4>
- Silva, H. y Rodríguez, J. (1995). Eficiencia y cálculo de la dosis de la fertilización nitrogenada. En: C. Bonomelli, (Ed.), *Fertilización de plantaciones frutales* (177-212). Pontificia Universidad Católica de Chile
- Systat. Tablecurve-2D® (2005, version de prueba) [Software]. <https://web.archive.org/web/20070427231959/http://www.systat.com/downloads/?sec=d002>
- Tersoglio, E. y Naranjo, G. (2007). Características del frío invernal de las zonas productoras de cerezas de la provincia de Mendoza, Argentina. Parte I. *Información Técnica Económica Agraria*, 103(4), 186-197.
- Tersoglio, E. y Setien, N. (2016). Efecto de la combinación Adara-M2624 y otros siete portainjertos sobre las características del dosel de dos variedades de cerezo. *Agriscientia*, 33(2), 113-125.
- Usenik, V., Fajt, N. y Štampar, F. (2006). Effects of rootstocks and training system on growth, precocity and productivity of sweet cherry. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(1), 153-157.
- Whiting, M., Lang, G. y Ophardt, D. (2005). Rootstocks and training system affect sweet cherry growth, yield and fruit quality. *HortScience*, 40(3), 582-586.
- Winkler, A., Brüggewirth, M., Ngo, N. y Knoche, M. (2016). Fruit apoplast tension draws xylem water into mature sweet cherries. *Scientia Horticulturae*, 209, 270-278.