

# Efecto de Adara-M2624 y otros siete portainjertos sobre daños y defectos de frutos de dos variedades de cereza (*Prunus avium* L.)

Tersoglio, E. y Setien, N.

DOI: 10.31047/1668.298x.v39.n1.28816

## RESUMEN

Los portainjertos modifican el desempeño del árbol, adaptándose a diferentes condiciones edafo-climáticas. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con seis repeticiones. El porcentaje de daño se midió a través de los siguientes componentes: fruto partido, ausencia de pedúnculo y daño mecánico. El porcentaje de defecto se midió con los siguientes componentes: fruto con espolón, frutos dobles y sutura profunda. La adición de daño y de defecto constituyó la pérdida total. Las condiciones climáticas, variedad y portainjerto influyeron sobre todas las variables. Los portainjertos influyen sobre las pérdidas de las variedades Bing y Celeste. Los portainjertos que registraron la menor pérdida y, simultáneamente, el menor daño y defecto fueron SL 64, MxM 60 y Weirrot 13; mientras que CAB6P y Adara-Mariana 2624 redujeron los defectos, pero incrementaron los daños. Tanto GiSeLa@5 como GiSeLa@6 redujeron los daños, aunque GiSeLa@5 incrementó los defectos. Los portainjertos SL 64, MxM 60, Weirrot 13 y GiSeLa@6 redujeron agrietado, daño mecánico y sutura; CAB6P y Adara-Mariana 2624 redujeron sutura y espolón, pero incrementaron agrietado y daño mecánico; GiSeLa@5 redujo los tres tipos de daños e incrementó todos los tipos de defectos. Una adecuada selección del portainjerto disminuye pérdidas.

**Palabras clave:** cerezo, fruto partido, daños mecánicos, sutura profunda, espolón.

Tersoglio, E. y Setien, N. (2022). Effect of Adara-M2624 and other seven rootstocks on fruit damages and defects of two sweet cherry varieties. *Agriscientia* 39: 117-132

## SUMMARY

Rootstocks modify tree performance by adapting to different soil and climatic conditions. The experimental design was a randomized complete block design, with six replications. The percentage of damage was measured by the following components: cracked fruit, stemless fruit and mechanical damage. The percentage of defect was measured by the following components: spur fruit,

double fruit and deep suture. The addition of damage and defect constituted the total loss. Climatic conditions, variety and rootstock influenced all variables. Rootstocks influenced the losses of Bing and Celeste varieties. The rootstocks that recorded the lowest loss and simultaneously, the lowest damage and defect were SL 64, MxM 60 and Weirroot 13, whereas CAB6P and Adara-Mariana 2624 reduced defects but increased damage. Both GiSeLa@5 and GiSeLa@6 reduced damage, although GiSeLa@5 increased defects. Rootstocks SL 64, MxM 60, Weirrot 13 and GiSeLa@6 reduced cracking, mechanical damage and suture; CAB6P and Adara-Mariana 2624 reduced suture and spur but increased cracking and mechanical damage; GiSeLa@5 reduced all three types of damage and increased all types of defects. Proper rootstock selection reduces losses.

**Keywords:** sweet cherry tree, cracked fruit, mechanical damage, deep suture, spur fruit.

*Tersoglio, E. (ORCID: 0000-0002-0869-4858) y Setien, N. (ORCID: 0000-0002-5870-3601): Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Dirección San Martín 3853, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. CC3 CP 5507.*

*Correspondencia a:* tersoglio.eduardo@inta.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

La calidad del fruto es el factor que más impulsa la decisión del comprador; incluso define el lugar de la adquisición y se vincula estrechamente con la variedad. La cantidad adquirida por el consumidor se incrementa en un 24% cuando la calidad de la fruta es alta y ejerce una gran influencia sobre la fidelización del cliente (Wyman et al., 2019). La adquisición es impulsada principalmente, por la apariencia (Wyman et al., 2019) compuesta por los atributos de calidad: tamaño, color (Crisosto et al., 2003; Chiang et al., 2018) y estado del pedúnculo (Nielsen et al., 2010). Sin embargo, la satisfacción del comprador en el instante del consumo está gobernada por otros atributos como firmeza, contenido de sólidos solubles y su relación con la acidez (Crisosto et al., 2003). Según López-Ortega et al. (2016) los portainjertos influyen sobre esos atributos.

El portainjerto también influye en el comportamiento del árbol, mejorando su adaptación a diferentes condiciones ambientales, modificando la fisiología (Steiner et al., 2015), la absorción de nutrientes, la arquitectura del dosel, la ontogenia de órganos florales (Ljubojević et al., 2016), la producción, la eficiencia productiva, la tolerancia a hipoxia (Gainza et al., 2015) y la eficiencia de cosecha (Ampatzidis y Whiting, 2013). También modifica ciertos atributos de calidad como el tamaño (Sansavini y Lugli, 2014; Gainza et al., 2015; López-Ortega et al., 2016), firmeza, contenido de sólidos solubles, acidez e índice de madurez (López-Ortega et al., 2016).

Sin embargo, la apariencia de la fruta comercializable se debe no sólo a la presencia de tales atributos sino, además, a la ausencia de daños y defectos. Por lo tanto, los frutos que no satisfacen el estándar de calidad deben eliminarse mediante selección en el empaque. Ello incrementa los costos de empaque, la huella de carbono (Rana et al., 2019) y las pérdidas económicas debido a la reducción de la cantidad comercializada.

En cereza, los daños se clasifican como fruto partido ( $F_p$ ), daños mecánicos ( $D_m$ ) y ausencia de pedúnculo ( $A_p$ ) (InnovaChile, 2010). El daño  $F_p$  se debe a un colapso localizado de la hipodermis, consecuencia de la absorción directa y pasiva de agua a través de las micro-fracturas de la membrana cuticular. Esto provoca un aumento del tamaño de las células epidérmicas que reduce la adhesión célula-célula. Posteriormente se produce la hipertrofia, debido a la fuerza impulsora del bajo potencial osmótico del fruto y, luego, la ruptura de células de la hipodermis que provoca el colapso de la epidermis y la formación de macro-grietas (Winkler, Brüggewirth et al., 2016; Correia et al., 2018; Schumann y Knoche, 2020). Tal fenómeno induce principalmente grietas en la cavidad peduncular y en la cicatriz pistilar. Sin embargo,  $F_p$  también es causado por exceso de agua de riego, ya que ocasiona un elevado flujo de agua hacia el fruto a través del sistema vascular vía simplasto-apoplasto que suele inducir grietas laterales (Measham et al., 2010; Measham et al., 2014). Para su control, se propone el uso de coberturas impermeables, que son confiables aunque costosas (Simon, 2006);

el uso de variedades tolerantes, que es una alternativa económica, pero aun así se registran daños (Sansavini y Lugli, 2014); y la técnica de aplicaciones de soluciones de Calcio, que sin embargo es de baja reproducibilidad (Winkler y Knoche, 2019).

El  $D_M$  posee orígenes diversos. Entre estos, podemos mencionar cosecha inapropiada que ocasiona heridas, ausencia de pedúnculo, daños por impacto o por compresión que forman lesiones, como picaduras o *pitting* y magulladuras o *bruising*, ambas muy frecuentes durante la cosecha y post-cosecha (Hussein et al., 2020), así como heridas causadas por pájaros (Anderson et al., 2013). Menos comunes son las lesiones superficiales producidas por patógenos (Lucero et al., 2015) y por raspado, rayado o *russet* que es una lesión cicatricial de la cutícula y de la epidermis debido a causas climáticas, virosis o daños por insectos (Martínez y Vilardell, 200).

La  $A_p$  se debe, principalmente, a malas prácticas de cosecha, aunque también se vincula a variedades con menor fuerza de retención del pedúnculo (Wirch et al., 2009; Neilsen et al., 2010), portainjerto (Kappel y Lang, 2008), carga frutal (Bound et al., 2013), exceso de madurez por cosecha tardía y mayor dificultad de cosecha de doseses grandes (Ampatzidis y Whiting, 2013).

Los defectos se clasifican como: sutura profunda ( $S_p$ ) (Southwick and Uyemoto, 1999), fruto con espolón ( $E_p$ ) (Engin and Ünal, 2008a) y fruto doble ( $F_D$ ) (Engin et al., 2009). Se forman durante la post-cosecha del año anterior, a partir de la iniciación floral y durante todo el desarrollo de la yema floral. El inicio es, aproximadamente, 21 días después de finalizada la cosecha (Engin et al., 2009). El desarrollo de los verticilos florales es centrípeto, la formación de la yema floral inicia a fines de junio en el hemisferio norte (HN) y el desarrollo del gineceo se inicia tarde en agosto (HN) (Engin y Ünal, 2008a). Tanto  $F_D$  como  $E_p$  se originan tempranamente por una división extra del primordio pistilar, formando ovarios dobles que luego se fusionan y crecen (Engin et al., 2009). La formación de  $E_p$  ocurre cuando uno de ellos es fecundado y el restante, de menor tamaño, es retenido (Engin y Ünal, 2008a) y la de  $F_D$  cuando ambos pistilos son de tamaño similar y fecundados simultáneamente (Engin et al., 2009). Mientras que  $S_p$  se forma por una cicatrización parcial del carpelo, tardíamente, alrededor del 23 de agosto (HN) (Engin y Ünal, 2008a; Engin et al., 2009). La formación de defectos es consecuencia de altas temperaturas durante la inducción y diferenciación floral (Southwick y Uyemoto, 1999; Engin y Ünal, 2008a; Engin et al., 2009; Sønstebya

y Heideb, 2019). Los defectos aumentan cuando la temperatura de post-cosecha supera los 30 °C (Beppu y Kataoka, 1999).

Los antecedentes indican que portainjerto y variedad varían su desempeño según la zona, lo que destaca la importancia de la selección local (Ljubojević et al., 2016; Sansavini and Lugli, 2014), especialmente cuando se usan portainjertos enanizantes (Fajt et al., 2014). La combinación portainjerto-variedad ideal es la que permite obtener alta producción de fruta sin daño o defecto, de tamaño comercial, de bajo costo de selección y de alta eficiencia en la gestión de cosecha.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia de ocho portainjertos sobre los daños, defectos y sobre sus componentes en dos variedades de cerezas, en las condiciones 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, a 920 m s.n.m.), cuyo clima es continental árido y desértico, con una temperatura media anual de 17 °C y gran amplitud térmica. Los veranos son cálidos, con una precipitación media de 190 mm. La oferta promedio de frío invernal es de 1106 unidades de frío (Tersoglio y Naranjo, 2007). La profundidad del suelo, la textura y las características edáficas fueron descritas en Tersoglio y Setien (2016). El ensayo se inició en 2004, tuvo un marco de plantación de 3 m entre plantas y 5 m entre hileras, cultivado bajo malla antigranizo. El sistema de conducción fue de ejes múltiples con tres ejes por planta y 6 a 7 laterales cada uno. La lámina de riego se aplicó por goteo con una reposición fija de 7,6 mm cada vez que el potencial matriz del suelo alcanzó los 30-40 kPa.

### Materiales vegetales

Las pérdidas se midieron durante la cosecha del sexto al octavo año después de la injertación (ADI). Los portainjertos fueron: *Prunus mahaleb* L. selección SL 64; los híbridos inter-específicos (*Prunus mahaleb* x *Prunus avium*) selecciones MxM 60 y MxM 14, *Prunus cerasus* L. selecciones CAB 6P y Weiroot 13 (W 13), los híbridos inter-específicos (*Prunus cerasus* x *Prunus canescens*) selecciones GiSeLa@5 (G 5) y GiSeLa@6 (G 6) y la combinación de Mariana 2624 (*Prunus cerasifera* Ehrh. x *Prunus munsoniana* W. Wight & Hedrick)

y el filtro inter-compatible *Prunus cerasifera* var. Mirobalan selección Adara (Adara-M2624) (Tersoglio y Setien, 2016).

Las variedades utilizadas fueron: Bing clon OB260 de la Universidad de Oregon (EE.UU.), dosel de vigor medio-alto, auto-incompatible grupo III, tamaño de fruto, maduración y productividad intermedia, susceptible a la partidura; y Celeste de vigor medio, auto-fértil grupo IX, floración media, maduración temprana y muy susceptible a la partidura.

### Cosecha y muestreo

La cosecha se inició cuando un tercio de la producción alcanzó el grado 3 de la tabla de colores de cosecha de cereza de la EEA Mendoza (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2007), equivalente al código 4 de la tabla de colores del Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes [CTIFL], (2005). El muestreo fue sistemático, se extrajo el 10 % correspondiente a cada recipiente, aproximadamente 0,4kg. Consecuentemente, el tamaño de muestra osciló entre 0 kg y 6 kg según producción de cada unidad experimental (UE). La cosecha se hizo en una o en dos pasadas dependiendo de la concentración de la madurez. Aunque se pesó toda la producción, solo se evaluó la primera pasada. De cada muestra, se extrajo al azar la sub-muestra, cuyo tamaño osciló entre 1,0 kg y 3,0 kg.

### Variables analizadas

Desde el sexto hasta el octavo ADI, los frutos se clasificaron visualmente según presencia-ausencia de cada componente de daño o defecto. Tanto el porcentaje de daño ( $D_{año}$ ) como el de defecto ( $D_{ef}$ ) se calcularon como la correspondiente suma de  $F_p$ ,  $D_M$  y  $A_p$ , y de  $F_D$ ,  $E_p$  y  $S_p$ , respectivamente. La pérdida porcentual ( $P_{er}$ ) se calculó como la suma del porcentaje de daño y defecto.

Aualmente, los frutos de cada sub-muestra fueron clasificados según cada componente de daño y de defecto, luego se pesaron y se calculó el porcentaje. Se expresó como g de fruta de cada componente de daño o de defecto por cada 100 g de fruta cosechada.

### Variables complementarias

Para mejorar la comprensión de las relaciones entre daños o defectos según condiciones ambientales, se utilizaron dos variables climáticas:

precipitación ( $P_p$ ) durante los 21 días previos a la cosecha (Measham et al., 2009) que se expresó en mm; y grados acumulados de crecimiento horario, con un umbral térmico de 30 °C (Beppu y Kataoka, 1999; Tersoglio y Naranjo, 2007) registrado en el período entre 21 días después de cosecha y el 28 de febrero (Engin y Ünal, 2008a), que se expresó como GDH > 30 °C.

Las variables volumen de dosel ( $V_D$ ) y altura de dosel (H) se midieron según Tersoglio y Setien (2016). Además, se calculó eficiencia productiva según volumen de dosel ( $E_{IV}$ ) y peso medio de fruto ( $P_M$ ). Se expresaron en  $m^3$ , m,  $g \cdot m^{-3}$  y g, respectivamente.

El diseño fue de bloques completos al azar, con seis repeticiones, con cuatro plantas por UE. Para el análisis de la varianza, se usó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2018). La prueba de comparación múltiple de medias del ANAVA fue Scott & Knott (S&K) y el nivel de significancia fue  $p \leq 0,05$ . Los coeficientes de correlación utilizados fueron el de Pearson y Spearman según corresponda. Los modelos de regresión fueron seleccionados con TableCurve 2D (Wilkinson, 2002). Para medir el aporte de información de variables de clasificación se utilizó el método de comparación de regresiones anidadas (Mendenhall and Sincich, 1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de pérdida porcentual ( $P_{er}$ )

La  $P_{er}$  media fue  $40,5 \pm 22,9\%$ , que correspondió a fruta cosechada dañada y/o defectuosa. Grant et al. (2001) consideraron razonable una  $P_{er}$  media del 20 %, lo que indica que los valores locales observados, sin considerar la falta de tamaño, duplican el valor propuesto.

La variabilidad se explicó por el modelo ( $R^2_{Aj} = 0,70$ ;  $p \leq 0,0001$ ), mediante los efectos bloque ( $p = 0,0451$ ), ADI ( $p \leq 0,0001$ ), variedad ( $p \leq 0,0001$ ), portainjerto ( $p = 0,0263$ ) e interacción variedad-portainjerto ( $p = 0,0073$ ).

Dentro de las pérdidas está el daño por agrietado, que es de gran importancia en la mayoría de las zonas productoras (Correia et al., 2018). Mientras que Southwick et al. (1991) mencionaron la relevancia de los defectos sutura profunda, espolón y fruto doble en la producción de cerezas del valle central de California, EE. UU.

En el séptimo ADI, la  $P_{er}$  se incrementó el 20,3% respecto de la media, seguido por el sexto y octavo ADI con valores inferiores que la media (Tabla

**Tabla 1.** Efecto del ADI, portainjerto, variedad e interacción sobre  $P_{er}$ ,  $D_{año}$ ,  $D_{ef}$ ,  $F_p$ ,  $D_M$ ,  $A_p$ ,  $S_p$  y  $E_p-F_D$ 

Efectos		$^2P_{er}$ (g%g)	$^3D_{año}$ (g%g)	$^4D_{ef}$ (g%g)	$^5F_p$ (g%g)	$^6D_M$ (g%g)	$^7A_p$ (g%g)	$^8S_p$ (g%g)	$^9E_p-F_D$ (g%g)
1ADI	6to	34,6b	6,65a	27,9c	0,80a	3,55a	2,4a	24,6c	3,53b
	7to	60,8c	57,4c	3,39a	32,5c	15,9b	9,0b	3,28a	0,11a
	8vo	26,2a	15,2b	11,0b	10,0b	2,62a	2,6a	9,61b	1,40a
Portainjerto	SL64	36,1a	22,8a	13,1a	11,4a	8,04a	3,6b	11,9a	1,17a
	MxM60	37,1a	24,6a	12,5a	12,3a	7,02a	5,3c	11,4a	1,08a
	MxM14	44,4b	28,2b	16,1b	14,8a	5,71a	7,8c	15,1b	1,04a
	CAB6P	38,9a	30,9b	8,08a	18,2b	7,46a	5,6c	8,03a	0,63a
	W13	38,7a	24,7a	13,9a	13,1a	5,74a	5,9c	12,9a	0,98a
	G5	43,4b	22,1a	21,3c	14,1a	6,73a	1,3a	18,0b	3,25b
	G6	43,6b	26,5a	17,0b	14,9a	7,15a	4,4b	12,2a	4,83b
Variedad	Adara	42,1b	31,3b	10,8a	16,6b	11,1b	3,5b	10,4a	0,46a
	Bing	33,3a	21,7a	11,7a	8,94a	5,39a	7,3b	8,40a	3,28b
Variedad Portainjerto	Celeste	47,7b	31,2b	16,5b	19,9b	9,36b	2,0a	16,6b	0,08a
	B-SL64	29,7a	18,4	11,2a	7,22a	5,38	5,8b	8,89b	2,34a
	B-MxM60	33,9a	21,5	12,5a	9,42a	4,12	7,9c	10,3b	2,15a
	B-MxM14	41,3b	25,8	15,5b	7,65a	5,07	13d	13,5b	2,02a
	B-CAB6P	33,0a	23,4	9,61a	8,03a	6,12	9,3c	8,58b	1,02a
	B-W13	32,0a	21,7	10,3a	9,13a	3,63	8,9c	8,34b	1,97a
	B-G5	29,6a	13,8	15,8b	7,04a	4,55	2,2a	9,35b	6,50b
	B-G6	34,2a	21,1	13,1a	10,2a	4,78	6,1b	3,63a	9,42b
	B-Adara	32,9a	27,5	5,41a	12,8a	9,45	5,2b	4,59a	0,82a
	C-SL64	42,5b	27,5	15,0b	15,5b	10,7	1,3a	15,0c	0,00a
	C-MxM60	40,3b	27,8	12,5a	15,2b	9,92	2,7a	12,5b	0,00a
	C-MxM14	47,4b	30,6	16,7b	21,9c	6,34	2,4a	16,7c	0,06a
	C-CAB6P	44,9b	38,3	6,56a	28,4d	8,80	2,0a	8,18b	0,24a
	C-W13	45,9b	27,8	17,6b	17,1b	7,85	2,8a	17,6c	0,00a
	C-G5	57,2c	30,5	26,7c	21,1c	8,91	0,5a	26,7d	0,00a
	C-G6	52,9c	31,9	21,0c	19,6c	9,53	2,8a	20,7c	0,24a
	C-Adara	51,3c	35,0	16,2b	20,4c	12,8	1,9a	16,1c	0,10a

Para cada columna y efecto, las medias seguidas por diferentes letras son significativamente diferentes según el Test de Scott & Knott ( $P < 0,05$ ). 1ADI (años después de la injertación);  $^2P_{er}$  (porcentaje de pérdida por daños y defectos);  $^3D_{año}$  (porcentaje de daño);  $^4D_{ef}$  (porcentaje de defecto);  $^5F_p$  (porcentaje de fruto partido);  $^6D_M$  (porcentaje de daño mecánico);  $^7A_p$  (porcentaje de ausencia de pedúnculo);  $^8S_p$  (porcentaje con sutura profunda); y  $^9E_p-F_D$  (porcentaje con espolón y doble).

1). La variedad Celeste registró un incremento del 14,4%, respecto de Bing (Tabla 1). En tal sentido, Simón (2006) y Michailidis et al. (2020) citaron que existen diferencias de susceptibilidad a  $F_p$  entre variedades; mientras que Engin et al. (2009) mencionaron que existen variedades más susceptibles a experimentar determinados defectos que otras.

Los portainjertos SL 64, MxM 60, CAB 6P y W 13 registraron reducciones sobre la  $P_{er}$  media del 4,4%, 3,4%, 1,6% y 1,8%, respectivamente; mientras que MxM 14, G 5, G 6 o Adara-M2624 midieron incrementos sobre la media del 3,8%, 2,9%, 3,0% y 1,6%, respectivamente (Tabla 1). Según Correia et al. (2018), portainjerto es un factor que puede modificar la absorción de agua e influir en el agrietado de los frutos de un mismo cultivar.

Excepto MxM14, la variedad Bing sobre el resto de los portainjertos registró menor  $P_{er}$  que la media, mostrando la importancia de la selección varietal. Mientras que la variedad Celeste registró alta  $P_{er}$  sobre G 5, G 6 o Adara-M2624, con incrementos del 17%, el 12% y el 11% sobre la media, respectivamente. El resto registró valores intermedios (Tabla 1). Los resultados muestran la importancia de la interacción portainjerto-variedad. Los portainjertos SL 64, MxM 60, MxM 14, CAB 6P y W 13 tuvieron valores de  $P_{er}$  más estables entre variedades.

### Análisis de porcentaje de daño ( $D_{año}$ )

La media de  $D_{año}$  fue  $26,4 \pm 25,7\%$ , que correspondió al 65,2% de las pérdidas totales.

Asoció con  $P_p$  ( $r=0,87$ ;  $p \leq 0,0001$ ), con variedad ( $r=0,25$ ;  $p \leq 0,0001$ ), pero solo Bing lo hizo con  $V_D$  ( $r=0,28$ ;  $p=0,0007$ ). La variabilidad se explicó por el modelo ( $R^2_{A_i} = 0,85$ ;  $p \leq 0,0001$ ) mediante los efectos bloque ( $p=0,0455$ ), ADI ( $p \leq 0,0001$ ), portainjerto ( $p=0,0002$ ), variedad ( $p \leq 0,0001$ ) e interacción ADI-variedad ( $p \leq 0,0001$ ), y ADI-portainjerto-variedad ( $p=0,0007$ ).

El séptimo ADI incrementó  $D_{año}$  un 31 % respecto de la media. Esto como consecuencia de la mayor  $P_p$  que indujo mayor  $F_p$  (Correia et al., 2018), pero también por la mayor cantidad de lesiones causadas por hongos (Lucero et al., 2015) (datos no mostrados). Mientras que el octavo y el sexto ADI, con bajas  $P_p$ , registraron reducciones del 20 % y del 11 %, respectivamente (Tabla 1).

La variedad Celeste incrementó el  $D_{año}$  un 9,5 % respecto de Bing (Tabla 1). Sansavini y Lugli (2008) mencionaron que  $F_p$  es el daño más frecuente y que existen diferencias de susceptibilidad entre variedades. También, los daños ocasionados por aves suelen ser altos en variedades tempranas, como Celeste, ya que estas disponen de menos fuentes alternativas de alimento (Mertz, 2016). Además, la fuerza de retención del pedúnculo varía con la variedad (Neilsen et al., 2010). La Figura 1 muestra un comportamiento interanual similar de ambas variedades; aunque el de Celeste registró mayor  $D_{año}$  que el de Bing excepto en el sexto ADI, que no se diferenció.

Los portainjertos SL 64, MxM 60, W 13, G 5 o G 6 registraron menor  $D_{año}$  que el resto con reducciones sobre la media del 3,5 %, 1,8 %, 1,7 %, 4,3 % y 0,1 %, respectivamente. Mientras que MxM 14, CAB 6P o Adara-M2624 registraron aumentos sobre la media del 1,8 %, 4,5 % y 4,8 %, respectivamente (Tabla 1). La selección del portainjerto es un factor que controla la absorción de agua que puede afectar  $D_{año}$  en los frutos (Simon et al., 2004; Correia et al.,

2018). La interacción portainjerto-variedad no tuvo significancia ( $p=0,1115$ ).

La Figura 2 muestra que en dos de los tres ADI, la variedad Bing sobre todos los portainjertos registró  $D_{año}$  menor que la media; mientras que Celeste lo hizo sólo sobre SL 64, MxM 60, W 13, G 5 o G 6. En el séptimo ADI, Bing registró un  $D_{año}$  medio del 52,3 % y Celeste del 62,6 %. La variedad Bing sobre SL 64 o G 5 redujo el  $D_{año}$  respecto de la media en 3,6 % y 13,5 %, respectivamente. Mientras que sobre MxM 14 o Adara-M2624 lo incrementó en un 5,1 % y un 17,7 %, respectivamente. La variedad Celeste sobre SL 64 o Adara-M2624 disminuyó el  $D_{año}$  respecto de la media un 3,3 % y 8,0 % y sobre CAB 6P y G 5 lo incrementó un 9,4 % y 4,9 %, respectivamente.

Debido a que los componentes de  $D_{año}$  tienen orígenes diferentes -climáticos o biológicos-, a continuación se analiza por separado cada uno de ellos.

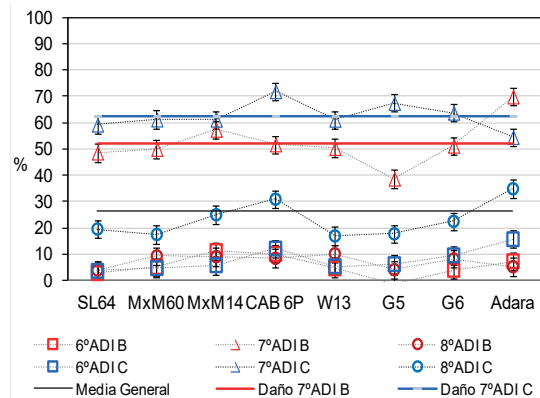


Figura 2. Efecto interacción ADI-portainjerto-variedad según el  $D_{año}$  medio y efecto portainjerto-variedad del séptimo ADI según,  $D_{año}$  medio varietal. Test de S&K ( $\alpha = 0,05$ )

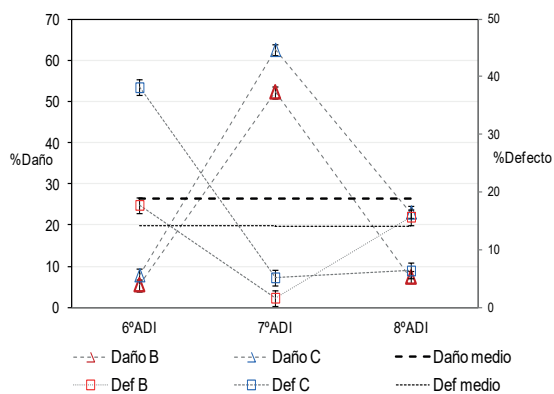


Figura 1. Interacción ADI-variedad sobre  $D_{ef}$  y  $D_{año}$ . Test de S&K ( $\alpha = 0,05$ )

### Análisis de porcentaje de fruto partido ( $F_p$ )

La media fue  $14,5 \pm 18\%$ . Correia et al. (2018) y Michailidis et al. (2020) mencionaron que  $F_p$  es un daño observado en la mayoría de las regiones productoras, con enormes pérdidas comerciales. Asoció con  $E_{IV}$  ( $r = -0,18$ ;  $p = 0,0024$ ), semejante a lo mencionado por Measham et al. (2012) y por Bound et al. (2013). También lo hizo con  $P_M$  ( $r = 0,22$ ;  $p = 0,0002$ ). Según Simon (2006) y Correia et al. (2018), a menor carga frutal le corresponde mayor  $P_M$  que se asocia con mayor  $F_p$ . También asoció con variedad ( $r = 0,36$ ;  $p \leq 0,0001$ ) y con  $D_M$  ( $r = 0,53$ ;  $p \leq 0,0001$ ), pero no con  $A_p$  ( $p = 0,0869$ ). Contrariamente, asoció con magnitud negativa, con los tres defectos:  $S_p$  ( $r = -0,40$ ;  $p \leq 0,0001$ ),  $E_p$

( $r = -0,17$ ;  $p = 0,0036$ ) y  $F_p$  ( $r = -0,28$ ;  $p \leq 0,0001$ ). Asoció con  $P_p$  ( $r = 0,74$ ;  $p \leq 0,0001$ ) y se relacionó con un modelo lineal cuadrático ( $R^2 = 0,62$ ;  $p \leq 0,0001$ ) en el que ambas variedades compartieron el mismo modelo. Sin embargo, la relación de cada variedad tuvo sus propios parámetros ( $p \leq 0,005$ ), indicando que el comportamiento de  $F_p$  dependió de la variedad, tal como fue señalado por Measham et al. (2009).

La Figura 3 muestra que, para alcanzar la media de  $F_p$  la variedad Bing requirió una  $P_p$  de 65 mm durante el período de cosecha, mientras que Celeste lo hizo sólo con 38 mm. Sin embargo, este resultado es contrario a lo citado por Simon (2006), indicando la importancia de la selección local de los materiales genéticos mejor adaptados, tal como lo mencionaron Ljubojević et al. (2016).

La variabilidad de  $F_p$  fue explicada por el modelo ( $R^2_{Aj} = 0,77$ ;  $p \leq 0,0001$ ) mediante bloque ( $p = 0,0372$ ), ADI ( $p \leq 0,0001$ ), variedad ( $p \leq 0,0001$ ), portainjerto ( $p = 0,0235$ ) e interacciones variedad-portainjerto ( $p = 0,0083$ ), ADI-variedad ( $p \leq 0,0001$ ) y ADI-variedad-portainjerto ( $p = 0,0003$ ).

El  $F_p$  del séptimo ADI se incrementó el 18,0% respecto de la media, seguido por el octavo ADI con valores cercanos a la media y el del sexto ADI con valores inferiores a la media. La variedad Celeste registró un incremento del 11,0% respecto de Bing (Tabla 1). Correia et al. (2018) sugirieron que variedades de fruto de forma arriñonada, como Celeste, poseen cavidad peduncular más profunda, mantienen la piel húmeda por más tiempo después de una lluvia, absorben más agua y consecuentemente presentan mayor incidencia de  $F_p$ . Por lo tanto, cualquier estrategia de control debe considerar el efecto variedad (Measham et al., 2009).

La Figura 4 muestra que, en el sexto ADI, la variedad Bing con 18,2 mm de  $P_p$  y la variedad Celeste con 14,8 mm tuvieron  $F_p$  cercano a cero. En el séptimo ADI, Bing con 86,4 mm de  $P_p$  y Celeste con 83,8 mm tuvieron incrementos sobre la media del 10,6% y del 25,4%, respectivamente. Mientras que en el octavo ADI, Bing con 8,6 mm de  $P_p$  redujo  $F_p$  el 12,8% y Celeste con 24,4 mm lo incrementó el 3,8%, respecto de la media. Sin embargo, Simon (2006) resaltó que Celeste fue menos susceptible a  $F_p$  que Bing, confirmando que es un daño difícil de predecir a campo, debido a numerosos factores que lo afectan. Entre ellos se citan tamaño del fruto y  $E_{IV}$  (Measham et al., 2013), elasticidad de la epidermis, presencia de microfisuras en la membrana cuticular (Correia et al., 2018), contenido de sólidos solubles, firmeza (Simon, 2006),  $P_p$  y estado fenológico (Measham et

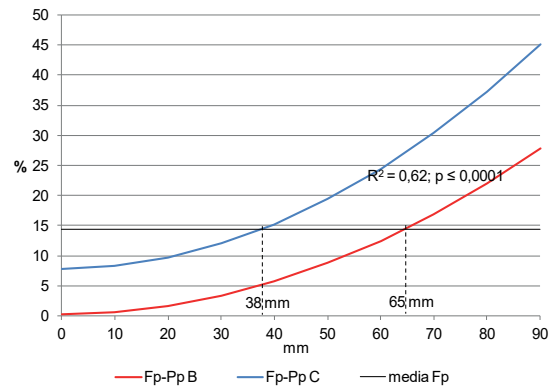


Figura 3. Relación  $P_p$  -  $F_p$  según variedad

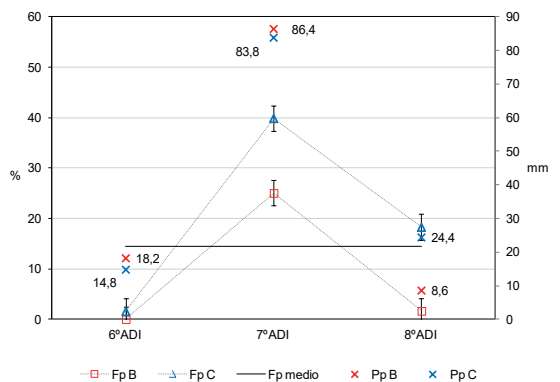


Figura 4. Efecto interacción ADI-variedad y  $P_p$  sobre  $F_p$ . Test de S&K ( $\alpha = 0,05$ )

al., 2009), lámina y frecuencia de riego (Measham et al., 2014) y duración de la lluvia (Correia et al., 2018; Winkler et al., 2020), entre otros.

Los portainjertos CAB 6P y Adara-M2624 incrementaron  $F_p$  en 3,8% y 2,1%, respectivamente; el resto de la serie no diferenció de la media (Tabla 1). Según Simon et al. (2004) y Correia et al. (2018), la selección del portainjerto es un factor que altera la absorción de agua e influye en el agrietamiento de los frutos. Michailidis et al. (2020) afirmaron que  $F_p$  es consecuencia de la absorción directa de agua por la epidermis y de la absorción de agua por el sistema vascular del árbol. Además, Simón (2006) y Correia et al. (2018) señalaron que, para una misma variedad, los frutos grandes son más susceptibles que los pequeños. En coincidencia, el mayor  $P_M$  registrado sobre CAB6P y Adara-M2624 podrían explicar el mayor  $F_p$  (datos no mostrados).

El  $F_p$  de la variedad Bing no diferenció portainjerto, mostrando la importancia del efecto simple variedad. Sin embargo, la variedad Celeste, más susceptible, diferenció portainjertos

con valores superiores a los de Bing. Sobre SL 64, MxM 60 o W 13 registró valores cercanos a la media; mientras que sobre MxM 14, G 5, G 6 o Adara-M2624 se incrementó el 7,4%, 6,6%, 5,2% y 5,9% sobre la media, respectivamente. El mayor incremento se observó sobre CAB 6P con 13,9% sobre la media (Tabla 1). La evidencia indica que  $F_p$  diferenció portainjerto solo cuando la variedad fue muy susceptible. Measham et al. (2010 y 2014) indicaron que el flujo neto de savia xilemática del pedúnculo es alto después de una lluvia y es impulsado, principalmente, por el potencial de turgencia causado por la absorción de agua osmótica, desde el simplasto hacia el apoplasto del fruto. Por su parte, la tensión por transpiración del fruto tuvo poca importancia, aunque la funcionalidad xilemática del pedúnculo disminuyó hacia la madurez, reduciendo la tensión que finalmente se anula y aísla el fruto (Winkler, Peschel et al., 2016), e indica que la influencia del portainjerto se reduce hacia la madurez. Measham et al. (2010) encontraron que riegos excesivos se asocian a una expansión celular y consecuente aumento del volumen del fruto, que induce grietas grandes y profundas sobre las mejillas; mientras que las apicales (cicatriz pistilar y cavidad peduncular) se asocian al contacto con agua libre de lluvia. Por ello, Measham et al. (2014) consideraron que la selección del portainjerto constituye una estrategia de interés. Por otro lado, Winkler et al. (2020) señalaron que  $F_p$  es función principalmente de la duración de la humedad y del área mojada del fruto, siendo la cavidad peduncular (efecto cavidad) y cicatriz pistilar (efecto gota) las zonas más frecuentemente afectadas.

La interacción ADI-portainjerto-variedad de la Figura 5 muestra que Bing sobre todos los portainjertos y que Celeste sobre SL 64, MxM 60, W 13, G 5 o G 6 registraron  $F_p$  menor o igual a la media, en dos de los tres ADI.

En el séptimo ADI (Figura 5), la media de  $F_p$  de Bing fue 25,1% y sobre SL 64, MxM 14 o G 5 registró valores menores que la media varietal, con disminuciones del 4,1%, 3,5% y 5,4%, respectivamente. La media de Celeste fue 39,9%, pero sobre SL 64, MxM 60, W 13 o Adara-M2624 se redujo 9,9%, 6,5%, 5,5% y 12,6%, sobre la media varietal.

La información indica que variedades susceptibles a  $F_p$  mejoran su desempeño sobre los portainjertos SL 64, MxM 60 o W 13.

### Análisis de porcentaje daño mecánico ( $D_M$ )

La media de  $D_M$  fue  $7,4 \pm 8,8\%$ . Asoció con  $F_p$

( $r = 0,53$ ;  $p \leq 0,0001$ ), con  $A_p$  ( $r = 0,19$ ;  $p = 0,0066$ ) y con variedad ( $r = 0,35$ ;  $p \leq 0,0001$ ). Aunque con menor magnitud que  $F_p$ , también asoció con  $P_p$  ( $r = 0,69$ ;  $p \leq 0,0001$ ) y se relacionó con un modelo lineal cuadrático ( $R^2 = 0,52$ ;  $p \leq 0,0001$ ), indicando que  $P_p$  durante la maduración, además de causar  $F_p$ , también incrementa  $D_M$ . La Figura 6 muestra diferencias varietales, ya que para alcanzar el  $D_M$  medio, Bing requirió 61 mm; mientras que Celeste lo hizo con solo 41 mm, indicando la mayor susceptibilidad de esta última.

No asoció con  $E_{IV}$  ( $p=0,9907$ ) y con  $P_M$  ( $p=0,8692$ ) y con  $V_D$  ( $p=0,8949$ ). Consecuentemente, los datos sugieren que una mayor  $E_{IV}$ ,  $P_M$  y menor  $V_D$  no se asocian con mayor  $D_M$ . Según Gainza et al. (2015), la reducción de los costos de cosecha se logra reduciendo el  $V_D$ . Según Koumanov et al. (2018) y Ampatzidis y Whiting (2013) también se logra mediante la selección de una adecuada arquitectura de dosel.

La variabilidad de  $D_M$  se explicó con el modelo ( $R^2_{Ai} = 0,74$ ;  $p \leq 0,0001$ ) mediante los efectos ADI ( $p \leq 0,0001$ ), portainjerto ( $p=0,0001$ ), variedad

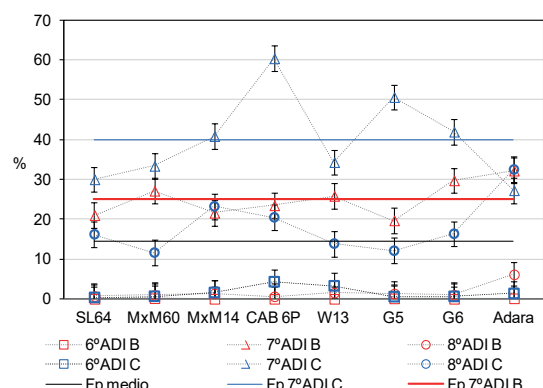


Figura 5. Efecto interacción ADI-portainjerto-variedad sobre  $F_p$ . Test de S&K ( $\alpha = 0,05$ )

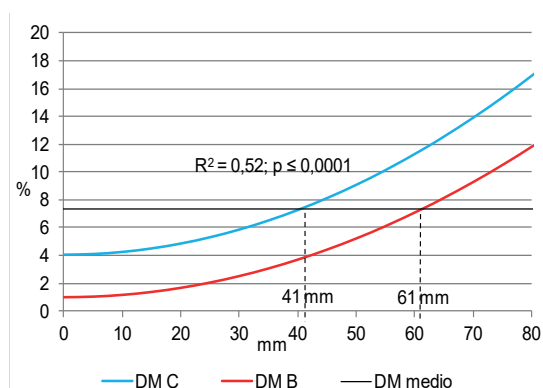


Figura 6. Relación  $P_p$ - $D_M$  según variedad



( $p \leq 0,0001$ ) e interacción ADI-portainjerto-variedad ( $p = 0,0049$ ), ADI-portainjerto ( $p \leq 0,0001$ ) y ADI-bloque-portainjerto ( $p = 0,0145$ ).

En las condiciones del séptimo ADI, se incrementó  $D_M$  un 8,6% sobre la media; mientras que en el sexto y octavo ADI disminuyó 3,8% y 4,8%, respectivamente. Esto indica que una alta  $P_p$  durante la maduración incrementa simultáneamente  $F_p$  y  $D_M$ .

Al igual que  $F_p$ , la variedad Celeste registró mayor  $D_M$  que Bing con un incremento del 3,9% (Tabla 1). El mayor  $D_M$  de Celeste pudo deberse a su pedúnculo particularmente corto, que dificulta la cosecha e induce tomar los frutos con los dedos, situación que incrementaría daño por magulladuras, tal como lo expuso Hussein et al. (2020). La interacción ADI-variedad ( $p = 0,1095$ ) y variedad-portainjerto ( $p = 0,4298$ ) no tuvieron significancia. El portainjerto Adara-M2624 incrementó  $D_M$  3,8% sobre la media; el resto no se diferenció (Tabla 1). El portainjerto Adara-M2624 fue más precoz que el resto (datos no mostrados), consistente con lo observado por López-Ortega et al. (2016). Ello sugiere mayor frecuencia de frutos muy maduros y, consecuentemente, mayor frecuencia de  $D_M$  por magulladuras (Hussein et al., 2020). Además, la mayor precocidad de cosecha indujo mayor daño por aves, tal como señala Mertz (2016).

La Figura 7 muestra el comportamiento de las combinaciones variedad-portainjerto, durante el séptimo ADI. La media de Bing fue 13,5% y la de Celeste fue 18,3%. Cuando Bing se injertó sobre MxM 60, MxM 14, W 13 o G 5 y Celeste sobre MxM 14, CAB 6P o G 5 se registraron valores de  $D_M$  menores a las correspondientes medias varietales. Tanto Bing como Celeste sobre Adara-M2624 registraron incrementos del 13,2% y 7,2% respecto de las correspondientes medias varietales. En relación con CAB6P, ambas variedades no

diferenciaron, pero mostraron un comportamiento inverso, siendo Bing la que registró el mayor  $D_M$ .

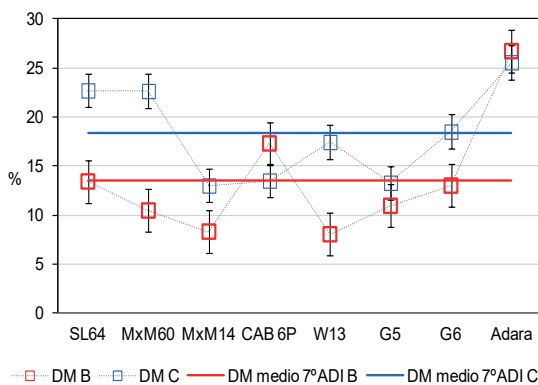
### Análisis de porcentaje de ausencia de pedúnculo ( $A_p$ )

La  $A_p$  registró una media de  $4,7 \pm 6,7\%$ . Asoció con  $V_D$  ( $r = 0,33$ ;  $p \leq 0,0001$ ) y con H ( $r = 0,42$ ;  $p \leq 0,0001$ ), consistente con lo mencionado por Koumanov et al. (2018), quienes sugirieron que el tamaño del dosel influye sobre la  $A_p$ . Además, asoció con  $P_p$  ( $r = 0,44$ ;  $p \leq 0,0001$ ) y con variedad ( $r = 0,48$ ;  $p \leq 0,0001$ ), tal como lo reportaron Wirch et al. (2009) y Neilsen et al. (2010).

La variabilidad de  $A_p$  se explicó con el modelo ( $R^2_{A_j} = 0,77$ ;  $P \leq 0,0001$ ) por los efectos bloque ( $p = 0,001$ ), ADI ( $P \leq 0,0001$ ), portainjerto ( $p \leq 0,0001$ ), variedad ( $P \leq 0,0001$ ) e interacción portainjerto-variedad ( $p = 0,0026$ ), ADI-variedad ( $p \leq 0,0001$ ), bloque-variedad ( $p = 0,0052$ ).

El comportamiento interanual de  $A_p$  fue similar al de  $F_p$  y  $D_M$ . La mayor incidencia fue en el séptimo ADI, con un incremento del 4,3% sobre la media (Tabla 1). Neilsen et al. (2010) señalaron que la reducción de la fuerza de retención del pedúnculo y el consecuente aumento de  $A_p$  se debe, entre otros, a la mayor madurez del fruto. Por lo tanto, el incremento del séptimo ADI podría deberse al retraso de la cosecha, consecuencia de las condiciones climáticas.

La variedad Bing registró un incremento del 5,3% respecto de Celeste (Tabla 1). La menor  $A_p$  correspondió a G 5, seguido por SL 64, G 6 y Adara-M2624 con reducciones de la media del 3,4% y del 1,1%, 0,3% y 1,2%, respectivamente. Los de mayor incidencia fueron MxM 60, MxM 14, CAB 6P o W 13, con incrementos sobre la media 0,6%, 3,0%, 1,0% y 1,2%, respectivamente (Tabla 1). Así, se confirma lo observado por Kappel y Lang (2008), quienes reportaron la influencia de portainjerto sobre la retención del pedúnculo. La  $A_p$  de la variedad Celeste no diferenció portainjerto, registrando valores menores que la media; y, por lo tanto, se considera una variedad tolerante a este defecto. Mientras que Bing solo sobre G 5 redujo la  $A_p$  el 2,5%; no obstante, sobre MxM 14 la incrementó el 8,4% respecto de la media. Luego, Bing sobre MxM 60, CAB 6P o W 13 incrementó el 3,2%, 4,6% y 4,2% sobre la media, respectivamente. El resto tuvo valores cercanos a la media (Tabla 1). Nuevamente la evidencia indica que  $A_p$  diferenció portainjerto solo cuando la variedad fue susceptible. Las variedades susceptibles a  $A_p$  mejoran sobre G 5, aunque también lo hacen sobre G 6, SL 64 o Adara-M2624.



**Figura 7.** Efecto interacción variedad-portainjerto sobre el  $D_M$  del séptimo ADI. Test de S&K ( $\alpha = 0,05$ )

### Análisis de porcentaje de defecto ( $D_{ef}$ )

La media de  $D_{ef}$  fue  $14,1 \pm 16,9\%$ , que correspondió al 34,8% de las pérdidas totales. Southwick et al. (1991) indicaron que, en algunos años, los defectos pueden alcanzar hasta el 80% de los frutos. El desarrollo defectuoso de los frutos se produce durante la formación de las yemas florales debido a que son muy sensibles a las altas temperaturas (Villar et al., 2020). En tales condiciones las variedades pueden registrar un determinado defecto o varios (Usenik et al., 2005; Engin et al., 2009).

Asoció con  $GDH > 30^\circ C$  ( $r=0,60$ ;  $p < 0,0001$ ) y con  $V_D$  ( $r=-0,36$ ;  $p \leq 0,0001$ ). Steiner et al. (2015) encontraron que las yemas florales de doseles pequeños, sobre portainjertos enanizantes, están más expuestas a la luz y experimentan mayor temperatura que las de los doseles grandes. Este incremento de la temperatura induce la formación de frutos defectuosos (Beppu y Kataoka, 1999; Engin et al., 2009; Sønstebya y Heideb, 2019).

También asoció con  $E_{IV}$  ( $r=0,31$ ;  $p \leq 0,001$ ) y con  $P_M$  ( $r=-0,32$ ;  $p \leq 0,0001$ ). Los frutos más pequeños pueden experimentar, más frecuentemente, una cicatrización carpelar incompleta (Engin y Ünal, 2008a; Engin et al., 2009). Engin y Ünal (2008b) encontraron que la proporción de gineceos defectuosos disminuye en el período que va de yema floral otoñal hasta la fecundación en primavera, indicando que hay una reducción natural de la frecuencia de ovarios deformes. Pero, en condiciones muy favorables, aumenta la fecundación de gineceos deformes. Y, consecuentemente, la formación de frutos defectuosos, incrementando la  $E_{IV}$  y reduciendo el  $P_M$ .

Asoció con  $P_p$  ( $r=-0,62$ ;  $p < 0,0001$ ), con  $D_{año}$  ( $r=-0,48$ ;  $p \leq 0,0001$ ).

El modelo ( $R^2_{Adj}=0,70$ ;  $p \leq 0,0001$ ) explicó la variabilidad de  $D_{ef}$  mediante los efectos bloque ( $p \leq 0,0001$ ), ADI ( $p \leq 0,0001$ ), portainjerto ( $p \leq 0,0001$ ), variedad ( $p \leq 0,0001$ ), variedad-portainjerto ( $p=0,0088$ ), ADI-variedad ( $p \leq 0,0001$ ) y ADI-portainjerto ( $p=0,0029$ ).

El sexto ADI registró un incremento del 13,8% sobre la media, seguido por el octavo y el séptimo con reducciones del 3,1% y 10,7% sobre la media, respectivamente (Tabla 1). La variedad Celeste incrementó  $D_{ef}$  un 4,9% respecto de Bing (Tabla 1). Además, la Figura 1 muestra que el comportamiento interanual de  $D_{ef}$  difiere con la variedad. Tanto Bing como Celeste diferenciaron todos los ADI. En el sexto y octavo ADI, Bing superó la media, y en el séptimo ADI fue menor.

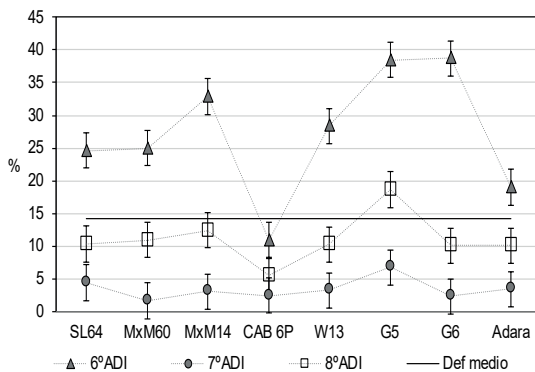
La variedad Celeste superó la media en el sexto, mientras que en el séptimo y octavo fue menor. Southwick y Uyemoto (1999), Engin y Ünal (2008a) y Engin et al. (2009) coincidieron en que los defectos resultan de la interacción entre el control genético y las condiciones ambientales en la post-cosecha de año anterior.

Los portainjertos SL 64, MxM 60, CAB 6P, W 13 o Adara-M2624 redujeron  $D_{ef}$  en un 1,0%, 1,6%, 6,0%, 0,2% y 3,3% de la media, respectivamente. Mientras que MxM 14 o G 6 registraron el 2,0% y el 2,9% de incremento sobre la media, respectivamente, siendo el de G 5 el mayor con 7,2% (Tabla 1).

La variedad Bing sobre MxM 14 o G 5 incrementó  $D_{ef}$  en un 1,4% y 1,7% sobre la media, respectivamente; mientras que los portainjertos restantes lo redujeron entre 1,1% y 8,7%. La variedad Celeste sobre SL 64, MxM 14, W 13 o Adara-M2624 registró valores cercanos a la media, pero sobre G5 o G6 registró incrementos sobre la media del 12,6% y 6,9%, respectivamente (Tabla 1). Ambas variedades sobre MxM 60 o CAB 6P formaron un grupo homogéneo, registrando el menor  $D_{ef}$  e indicando que ambos portainjertos presentan estabilidad al cambio varietal, ya que no diferenciaron entre variedades (Tabla 1).

Southwick y Uyemoto (1999) observaron que el estrés hídrico durante la post-cosecha del año anterior indujo  $D_{ef}$ . Steiner et al. (2015) encontraron que la regulación de la conductancia estomática difiere entre portainjertos, incluso con un adecuado suministro hídrico. En cerezos, la máxima conductancia estomática se alcanza con temperaturas foliares de  $30^\circ C$  a  $40^\circ C$ , pero entre  $40^\circ C$  y  $45^\circ C$  disminuye rápidamente. Este proceso de regulación es más rápido en portainjertos enanizantes que en vigorosos, indicando que los restrictivos suministran menos agua a las hojas, por su sistema hidráulico más débil. En tal sentido, Olmstead et al. (2006) observaron que la unión en la zona injerto-portainjerto del enanizante G5 suele ser defectuosa, aumentando la tensión hidráulica y reduciendo el crecimiento. En consecuencia, las yemas de doseles pequeños tienen mayor exposición a la radiación solar y alcanzan más rápidamente el rango crítico de temperatura (Steiner et al., 2015). En tal sentido, el portainjerto más enanizante de la serie, el G5, indujo el mayor  $D_{ef}$  medio. Sin embargo, el semi-enanizante W13 mostró valores bajos (Tabla 1). Además, la interacción ADI-portainjerto (Figura 8) mostró que G 5 registró menor  $D_{ef}$  que la media sólo en uno de los tres ADI, mientras que W 13 lo hizo en dos de los tres ADI. Los datos sugieren que, en zonas cálidas, existen pocos portainjertos que reducen el

$V_D$  y además disminuyen  $D_{ef}$ . Entre los portainjertos que registraron el menor nivel de  $P_{er}$  sólo SL 64, MxM 60 y W 13 mostraron simultáneamente bajo  $D_{ef}$  y bajo  $D_{año}$  con una relación  $D_{año}/D_{ef}$  de 1,8; 2,0 y 1,8 veces, respectivamente (Tabla 1). Mientras que CAB 6P y Adara-M2624 registraron alto  $D_{año}$  y bajo  $D_{ef}$ , con una relación de 3,8 y 2,9 veces. Los G 5 y G 6 midieron el menor  $D_{año}$ , pero G 5 registró el mayor  $D_{ef}$ , G6 fue intermedio y MxM 14 mostró  $D_{ef}$  intermedio y  $D_{año}$  alto (Tabla 1).



**Figura 8.** Efecto interacción ADI-portainjerto sobre  $D_{ef}$ . Test de S&K ( $\alpha = 0,05$ )

### Análisis de porcentaje de sutura profunda ( $S_p$ )

La  $S_p$  media fue  $12,5 \pm 16,2\%$  con datos que oscilaron entre 0% y 85%, indicando que, además de ser el defecto de mayor incidencia, en condiciones desfavorables puede alcanzar gran importancia. Asoció con  $V_D$  ( $r = -0,33$ ;  $p \leq 0,0001$ ), con H ( $r = -0,41$ ;  $p \leq 0,0001$ ), con ADI ( $r = 0,38$ ;  $p \leq 0,0001$ ), con  $GDH > 30^\circ C$  del año precedente ( $r = 0,54$ ;  $p \leq 0,0001$ ), con  $E_{iv}$  ( $r = 0,33$ ;  $p \leq 0,0001$ ) y con  $P_M$  ( $r = -0,32$ ;  $p \leq 0,0001$ ).

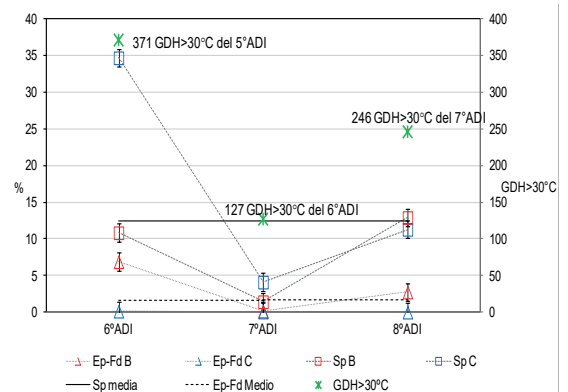
La  $S_p$  relacionó con  $GDH > 30^\circ C$  y  $V_D$ , mediante un modelo simple lineal ( $R_{aj}^2 = 0,52$ ;  $p \leq 0,0001$ ) a través de la ecuación  $Sp = A + (b * GDH > 30^\circ C^2) + (c * VD_{ct}^{0,5})$ , cuyos parámetros fueron  $A = 12,018$ ;  $b = 1,6278E-04$ ;  $c = -2,9205716$ . Este modelo indica que, al duplicar  $GDH > 30^\circ C$  de 150 a 300 unidades, manteniendo fijo el  $VD_{ct}$  en  $16,8 m^3$  que corresponde al máximo volumen disponible (Tersoglio y Setien, 2016), la  $S_p$  aumentó de 3,7% a 14,7%, un incremento del 11,0%. Pero, al reducir el  $V_D$  a la mitad, manteniendo fija la cantidad de calor, en  $300 GDH > 30^\circ C$ , la  $S_p$  aumentó de 14,7% a 18,2%, un incremento de 3,5%. Esto indica que  $S_p$  es más sensible al incremento de  $GDH > 30^\circ C$  que a la reducción de  $V_D$ .

Asoció con  $P_p$  ( $r = -0,43$ ;  $p \leq 0,0001$ ), la magnitud

negativa puede deberse a que frutos con SP en presencia de agua libre tienden a desarrollar FP con mayor facilidad y frecuencia. Esto se debe a la ausencia de una correcta cicatrización carpelar que interrumpe la formación de la epidermis y de la membrana cuticular (Engin et al., 2009). En casos extremos la sutura puede extenderse hasta el endocarpio (Southwick et al., 1991). La falta de membrana cuticular permite que las células del parénquima de la pulpa, estructuralmente más débiles y con un potencial osmótico más negativo, contacten y absorban agua más rápidamente. Ello ocasiona un rápido agrietamiento siguiendo el modelo de la cremallera a lo largo de la sutura (Winkler, Peschel et al., 2016). Por el contrario, Winkler et al., (2020) observaron que en frutos sanos hay baja frecuencia de FP sobre la sutura, ya que la membrana cuticular existe y las gotas escurren rápidamente. Por ello, en condiciones de clima lluvioso, frutos con el defecto SP tienden a desarrollar el daño  $F_p$ .

El modelo ( $R_{Aj}^2 = 0,77$ ;  $p \leq 0,0001$ ) explicó la variabilidad de  $S_p$  por los efectos bloque ( $p \leq 0,0001$ ), ADI ( $p \leq 0,0001$ ), portainjerto ( $p = 0,0001$ ), variedad ( $p \leq 0,0001$ ) e interacción portainjerto-variedad ( $p \leq 0,0001$ ), ADI-variedad ( $p \leq 0,0001$ ), ADI-portainjerto-variedad ( $p = 0,007$ ), bloque-portainjerto ( $p = 0,0214$ ).

El sexto ADI registró la mayor  $S_p$  con un incremento del 12,1% respecto de la media; mientras que en el séptimo y en el octavo se redujo el 9,2% y el 2,9%, respectivamente (Tabla 1). Ambas variedades fueron susceptibles a experimentar  $S_p$ ; sin embargo, Celeste duplicó a Bing, con un incremento del 8,2% (Tabla 1). Southwick y Uyemoto (1999) reportaron el origen genético de estos defectos. La Figura 9 muestra que  $S_p$  es influido por los  $GDH > 30^\circ C$  del año anterior según la variedad (Beppu y Kataoka,



**Figura 9.** Interacción ADI-variedad sobre  $S_p$  y  $E_p-F_0$  según  $GDH > 30^\circ C$  del año precedente. Test de S&K ( $\alpha = 0,05$ )

1999). Con una oferta de calor durante el quinto ADI de 371 GDH > 30°C, la variedad Celeste registró en el sexto ADI un incremento del 22% sobre la media que correspondió a 2,8 veces la media; mientras que Bing registró una reducción sólo del 1,7%, que correspondió a 0,9 veces la media. Con los 127 GDH > 30°C registrados durante el sexto ADI, la  $S_p$  del séptimo ADI de Bing y de Celeste no se diferenciaron y ambas tuvieron valores menores que la media, con reducciones del 11,0% y 8,4%, respectivamente. Con los 246 GDH > 30°C registrados durante el séptimo ADI, la  $S_p$  del octavo ADI de ambas variedades registraron valores que no diferenciaron de la media. La información indica que, con 127 o 246 GDH > 30°C, no diferenciaron variedad y tuvieron baja a media incidencia de  $S_p$ . Sin embargo, entre 246 GDH > 30°C y 371 GDH > 30°C la variedad Celeste triplicó la media, mientras que Bing no la superó. Esto sugiere que Celeste experimentó  $S_p$  cuando la oferta de calor excedió cierto umbral ubicado entre 246 y 371 GDH > 30°C (Engin et al., 2009).

Los portainjertos MxM 14 o G 5 incrementaron  $S_p$  2,6% y 5,6% sobre la media, respectivamente; el resto formó un grupo homogéneo con menor  $S_p$  (Tabla 1). La variedad Bing sobre G 6 o Adara-M2624 redujo  $S_p$  el 8,9% y 7,9%, respectivamente; el resto tuvo valores cercanos a la media, mientras que la variedad Celeste sobre G 5 registró la mayor  $S_p$  incrementando un 14,3% sobre la media (Tabla 1). Ambas variedades sobre MxM 60 o CAB 6P formaron un grupo homogéneo con valores cercanos a la media, indicando que ambos portainjertos son estables al cambio varietal (Tabla 1). La evidencia indicó que  $S_p$  diferenció combinaciones portainjerto-variedad, debido a que ambas variedades fueron susceptibles.

La relación  $S_p$ -GDH > 30°C ajustó con un modelo lineal cúbico ( $R^2=0,31$ ;  $p \leq 0,0001$ ). Pero, al incorporar la información de los grupos homogéneos de variedad-portainjerto, se obtuvo un modelo lineal cúbico ( $R_{aj}^2=0,57$ ;  $p \leq 0,0001$ ) que mejoró la calidad de ajuste ( $p \leq 0,005$ ). Los cuatro grupos se relacionaron con el mismo modelo, pero cada uno tuvo sus propios parámetros. La Figura 10 muestra que Bing sobre G6 o Adara-M2624 no alcanzó la  $S_p$  media, aún con una alta oferta de calor de 371 GDH > 30°C. Mientras que Bing sobre el resto de los portainjertos o Celeste sobre MxM 60 o CAB 6P alcanzaron la media con 320 GDH > 30°C. La variedad Celeste sobre G 5 lo hizo con solo 201 GDH > 30°C y el resto de los portainjertos con 255 GDH > 30°C.

La Figura 11 muestra que, en el sexto ADI, la  $S_p$  media de Bing midió 10,8% y la de Celeste 34,7%. La variedad Bing sobre G 6 o Adara-M2624 redujo

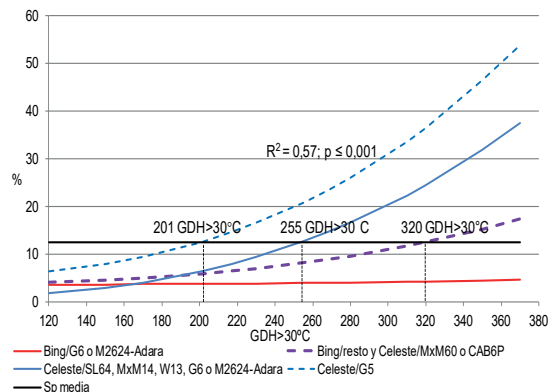


Figura 10. Relación GDH > 30°C -  $S_p$  según grupo homogéneo de portainjerto-variedad

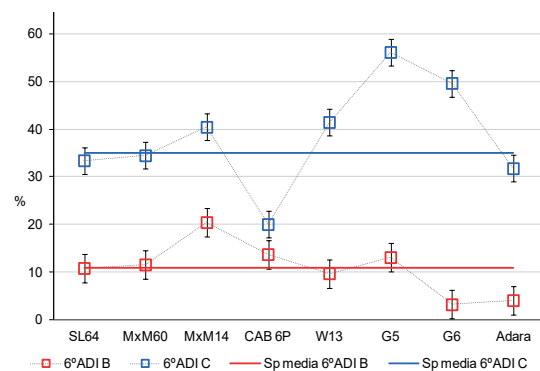


Figura 11. Efecto portainjerto-variedad sobre  $S_p$  del sexto ADI. Test de S&K ( $\alpha = 0,05$ )

la  $S_p$  un 7,6% y 6,8% sobre la media de la variedad, respectivamente; mientras que sobre MxM 14 la incrementó un 9,6%. La variedad Celeste sobre CAB 6P o Adara-M2624 redujo la  $S_p$  un 14,7% y 2,9% sobre la media varietal, respectivamente; pero sobre MxM 14, W 13, G 5 o G 6 la incrementó en 5,4%, 6,5%, 21,2% y 14,7%, respectivamente.

Variedades susceptibles a  $S_p$  pueden mejorar sobre MxM 60, CAB 6P o Adara-M2624 y no deberían combinarse con MxM 14 o con G 5.

### Análisis de porcentaje de espolón y dobles ( $E_p$ - $F_D$ )

La media de  $E_p$ - $F_D$  fue  $1,67 \pm 6,7\%$  lo que indica gran variabilidad de los datos. Sin embargo, la media de  $F_D$  fue  $0,36 \pm 0,95\%$ , pero la de  $E_p$  fue  $1,3 \pm 5,8\%$  con datos que oscilaron entre 0% y 90%, indicando que en condiciones desfavorables puede alcanzar gran incidencia.

$E_p$  asoció con  $F_D$  ( $r=0,32$ ;  $p \leq 0,0001$ ); sin

embargo,  $S_p$  no asoció con  $E_p$  ( $p=0,3347$ ) o con  $F_d$  ( $p=0,6635$ ). Esto indica que, aunque los tres defectos comparten una causa común, que es una elevada cantidad de calor durante la diferenciación floral, el porcentaje de un tipo de daño difiere según el momento en que se registra la alta temperatura, sea al inicio ( $E_p$  o  $F_d$ ) o al final de la temporada durante la cicatrización carpelar ( $S_p$ ). El efecto variedad asoció con  $E_p$  ( $r=-0,58$ ;  $p=0,0002$ ) y con  $F_d$  ( $r=-0,43$ ;  $p\leq 0,0001$ ).

La variabilidad de  $E_p-F_d$  se explicó con el modelo ( $R^2_a=0,71$ ;  $p=0,0004$ ) mediante los efectos ADI ( $p\leq 0,0001$ ), portainjerto ( $p=0,0026$ ), variedad ( $p\leq 0,0001$ ) e interacciones portainjerto-variedad ( $p=0,0044$ ), ADI-variedad ( $p\leq 0,0001$ ) y ADI-portainjerto-variedad ( $p=0,0173$ ).

El  $E_p-F_d$  del sexto ADI duplicó la media con un incremento del 1,9%; mientras que en el séptimo y el octavo se registraron reducciones del 1,6% y 0,3%, respectivamente, con un comportamiento interanual semejante al de  $S_p$  (Tabla 1). En la variedad Bing, considerada susceptible, registró valores 41 veces mayor que de Celeste (Tabla 1). La Figura 9 muestra que, durante los tres ADI, la variedad Celeste midió valores cercanos a cero; mientras que Bing del sexto y octavo ADI registró incrementos del 5,2% y 1,1% sobre la media, respectivamente, y en el séptimo se redujo un 1,5%, con los correspondientes 371, 246 y 127 GDH > 30 °C según ADI, respectivamente. El comportamiento interanual de  $E_p-F_d$  de Bing fue semejante al de  $S_p$  de Celeste, indicando que el calor provoca defectos diferentes con intensidades distintas, según variedad. Alto GDH > 30 °C de post-cosecha incrementa pistilos dobles en Bing y cicatrización carpelar parcial en Celeste. En tal sentido, Southwick y Uyemoto (1999) sugirieron que estos defectos poseen un componente climático y genético (Engin et al., 2009; Sønstebya y Heideb, 2019).

Los portainjertos G 5 o G 6 indujeron incrementos de 1,6% y 3,2% sobre la media de  $E_p-F_d$ , respectivamente, mientras que el resto registró valores inferiores a la media.

La combinación de Celeste con los portainjertos de la serie no diferenció y registró valores cercanos a cero. Pero la variedad Bing, susceptible, sobre G 5 o G 6 la incrementó el 4,8% y el 7,8%, respectivamente sobre la media (Tabla 1). Nuevamente la evidencia indica que  $E_p-F_d$  diferenció portainjerto solo cuando la variedad fue susceptible.

La variedad Bing mostró una relación  $E_p-F_d$  con GDH > 30 °C que ajustó con un modelo lineal cúbico ( $R^2=0,25$ ;  $p\leq 0,0001$ ). No obstante, al ingresar la

información aportada por los grupos homogéneos de portainjerto y sometida a una prueba de comparación de regresiones anidadas, se obtuvo un modelo ( $R^2=0,48$ ;  $p\leq 0,0001$ ) que mejoró la calidad de información ( $p\leq 0,005$ ) a través de la ordenada de origen. La Figura 12 muestra que Bing sobre G 5 o G 6 superó la media varietal de  $E_p-F_d$  aun, con bajas cantidades de GDH > 30 °C; mientras que sobre el resto de los portainjertos requirió 340 GDH > 30 °C solo para alcanzar la media. Por lo tanto, variedades susceptibles a  $E_p-F_d$  no deberían combinarse con G 5 o G 6 en las condiciones locales.

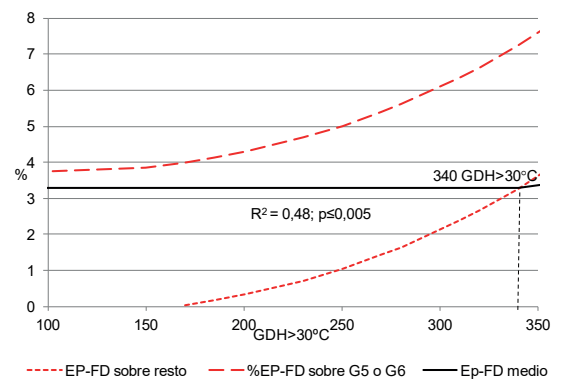


Figura 12. Relación GDH > 30 °C -  $E_p-F_d$  de Bing según grupo homogéneo de portainjerto

## CONCLUSIONES

Los portainjertos influyen en el nivel tanto de daño como de defecto de las cerezas. Existen portainjertos capaces de reducir ambos simultáneamente y, en consecuencia, disminuir las pérdidas. Sin embargo, algunos portainjertos incrementan los daños, mientras que otros aumentan los defectos.

Según el tipo de daño o defecto analizado, el comportamiento de cada variedad y de cada portainjerto varió, mostrando diferentes grados de susceptibilidad. La interacción portainjerto-variedad diferenció combinaciones, pero solo cuando la variedad fue susceptible al daño o defecto evaluado. Esto indica que una variedad de alto valor económico, pero susceptible a un determinado tipo de daño o defecto, debe combinarse con un portainjerto que no acentúe la pérdida.

El nivel de daño depende de las condiciones climáticas, especialmente de las lluvias durante la temporada de cosecha y pre-cosecha. Mientras

que el tipo y el nivel de defecto depende de las condiciones climáticas, especialmente de las temperaturas registradas durante la post-cosecha del año precedente.

En zonas con veranos cálidos, se debe evitar el cultivo de variedades susceptibles a defectos, así como también aquellos portainjertos que los inducen. En condiciones de alta oferta de GDH > 30 °C durante la post-cosecha, el tipo de defecto es altamente dependiente de la variedad.

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue posible gracias al apoyo incondicional de los Viveros Puertas, Agroviveros S.A. y Bobafrut S.R.L.

## BIBLIOGRAFÍA

Ampatzidis, Y. y Whiting, M. (2013). Training system affects sweet cherry harvest efficiency. *HortScience*, 48(5), 547–555. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.5.547>

Anderson, A., Lindell, C., Moxcey, K., Siemer, W., Linz, G., Curtis, P., Carroll, J., Burrows, C., Boulanger, J., Steensma y K. and Shwiff, S. (2013). Bird damage to select fruit crops: The cost of damage and the benefits of control in five states. *Crop Protection* 52, 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.05.019>

Beppu, K. y Kataoka, I. (1999). High temperature rather than drought stress is responsible for the occurrence of double pistils in 'Satohnishiki' sweet cherry. *Science Horticulturae*, 81(2), 125–134. <https://doi.org/10.1016/S0304-4238%2899%2900007-2>

Bound, S., Close, D., Quentin, A., Measham, P. y Whiting, M. (2013). Crop Load and Time of Thinning Interact to Affect Fruit Quality in Sweet Cherry. *Journal of Agricultural Science*, 5(8), 216-230. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n8p216>

Chiang, A., Schnettler, B., Mora, M. y Aguilera, M. (2018). Perceived quality of and satisfaction from sweet cherries (*Prunus avium* L.) in China: Confirming relationships through structural equations. *Ciencia e investigación Agraria*, 45(3), 210-219. <http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v45i3.1930>

Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes (2005). Code du Couleur Cerise, (Éventail). Paris, Francia. Ref: 22006.

Correia, S., Schouten, R., Silva, A. P. y Gonçalves, B. (2018). Sweet cherry fruit cracking mechanisms and prevention strategies: A review.

*Scientia Horticulturae*, 240, 369–377. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.042>

Crisosto, C., Crisosto, G. y Metheney, P. (2003). Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1), 159-167. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00173-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00173-4)

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2018). InfoStat (versión 2018) [Software]. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.infostat.com.ar/>

Engin, H. y Ünal, A. (2008a). Double Fruit Formation and the Occurrence of Two Pistils: Examination by Scanning Electron Microscopy in Sweet Cherry. *Acta Horticulturae*, 795, 651-654. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.101>

Engin, H. y Ünal, A. (2008b). The Effect of Irrigation, Gibberellic Acid and Nitrogen on the Occurrence of Double Fruit in 'Van' Sweet Cherry. *Acta Horticulturae*, 795, 645-650. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.100>

Engin, H., en, F., Pamuk, G. y Gökbayrak, Z. (2009). Investigation of Physiological Disorders and Fruit Quality of Sweet Cherry. *European Journal of Horticultural Science*, 74(3), 118-123. [https://www.pubhort.org/ejhs/2009/file\\_1034231.pdf](https://www.pubhort.org/ejhs/2009/file_1034231.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. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.51>

Gainza, F., Opazo, I., Guajardo, V., Meza, P., Ortiz, M., Pinochet, J. y Muñoz, C. (2015). Review: Rootstock breeding in *Prunus* species: Ongoing efforts and new challenges. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75(Suppl.1), 6-16. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000300002>

Grant, J., Caprile, J., Coates, W., Anderson, K., Klonsky, K. y De Moura, R. (2001). Sample costs to establish an orchard and produce sweet cherries. San Joaquin Valley-North. University of California Cooperative Extension. CH-VN-11.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2007). Tabla de Colores de cerezas. Guía para la aplicación de ácido giberélico y para el inicio de la cosecha de variedades rojas. Laboratorio de Fruticultura, Estación Experimental Agropecuaria Mendoza, INTA. Cooperadora E.E.A. Mendoza.

Hussein, Z., Fawole, O. A. y Opara, U. L. (2020). Harvest and Postharvest Factors Affecting Bruise Damage of Fresh Fruits. *Horticultural Plant Journal*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.07.006>

- InnovaChile (2010). Programa de difusión tecnológica en Cerezos. Fundación para el desarrollo frutícola. [http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/Poster\\_Danos\\_Cerezas.pdf](http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/Poster_Danos_Cerezas.pdf)
- Kappel, F. y Lang, G. (2008). Performance of the NC-140 Regional Sweet Cherry Rootstock Trial Planted in 1998 in North America. *Acta Horticulturae*, 795, 317-320. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.45>
- Koumanov, K., Staneva, I., Kornov, G. D. y Germanova, D. (2018). Intensive sweet cherry production on dwarfing rootstocks revisited. *Scientia Horticulturae*, 229, 193-200. [https://www.researchgate.net/publication/322194047\\_Intensive\\_sweet\\_cherry\\_production\\_on\\_dwarfing\\_rootstocks\\_revisited](https://www.researchgate.net/publication/322194047_Intensive_sweet_cherry_production_on_dwarfing_rootstocks_revisited)
- Ljubojevi, M., Ognjanov, V., Bara, G., Duli, J., Miodragovi, M., Sekuli, M. y Jovanovi, N. (2016). Cherry tree growth models for orchard management improvement. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 839-854. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.009>
- López-Ortega, G., García-Montiel, F., Bayo-Canhaa, A., Frutos-Ruiz, C. y Frutos-Tomás, D. (2016). Rootstock effects on the growth, yield and fruit quality of sweet cherry 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>
- Lucero, G., Lucero, H. y Pizzuolo, P. (2015). Enfermedades que afectan al cerezo en Mendoza. En Tacchini, F. (Eds.), *Producción y comercialización de cereza en Mendoza, Argentina* (261-288). Fundación Instituto de Desarrollo Rural. <https://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2015/07/Manual-de-Producci%C3%B3n-y-Comercializaci%C3%B3n-de-Cerezas-Mendoza-part-1.pdf>
- Martínez Palanca, J. y Vilardell Cordech, P. (2008). Evaluación de aplicaciones de TaloSint para favorecer la formación de russetting en la pera "Conference". *Phytohemeroteca* 197. <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/197-marzo-2008/evaluacion-de-aplicaciones-de-talosint-para-favorecer-la-formacion-de-russetting-en-la-pera-conference>
- Measham, P., Bound, A., Gracie, J. y Wilson, S. (2009). Incidence and type of cracking in sweet cherry (*Prunus avium* L.) are affected by genotype and season. *Crop Pasture Science*, 60(10), 1002-1008. <https://doi.org/10.1071/CP08410>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1400/153230>
- Measham, P., Bound, S., Gracie, A. y Wilson, J. (2013). Crop load manipulation and fruit cracking in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Advances in Horticultural Science*, 26(1), 25-31. <http://dx.doi.org/10.13128/ahs-12749>
- Measham, P., Wilson, S., Gracie, A. y Bound, S. (2014). Tree water relations: Flow and fruit. *Agriculture Water Management*, 137, 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.02.005>
- Mendenhall, W. y Sincich, T. (1995). *Statistics for engineering and the sciences* (4th. ed.). Prentice Hall.
- Michailidis, M., Karagiannis, E., Tanou, G., Sarrou, E., Karamanoli, K., Lazaridou, A., Martens, S. y Molassiotis, A. (2020). Sweet cherry fruit cracking: follow-up testing methods and cultivar-metabolic screening. *Plant Methods* 16(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00593-6>
- Mertz, L. (2016). Saving cherries from the birds: New information provides help with bird management. *Good Fruit Grower*. <https://www.goodfruit.com/saving-cherries-from-the-birds/>
- Neilsen, G., Neilsen, D., Kappel, F., Toivonen, P. y Herbert, L. (2010). Factors Affecting Establishment of Sweet Cherry on Gisela 6 Rootstock. *HortScience*, 45(6), 939-945. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.45.6.939>
- Olmstead, M. A., Lang, N. S., Lang, G. A., Ewers, F. W. y Owens, S. A. (2006). Examining the Vascular Pathway of Sweet Cherries Grafted onto Dwarfing Rootstocks. *HortScience*, 41(3), 674-679. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.41.3.674>
- Rana, R. L., Andriano, A. M., 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>
- Sansavini, S. y Lugli, S. (2008). Sweet Cherry Breeding Programmes in Europe and Asia. *Acta Horticulturae* 795, 41-58. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.1>
- Sansavini, S. y Lugli, S. (2014). New rootstocks for intensive sweet cherry plantations. *Acta Horticulturae*, 1020, 317-320. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.59>
- Schumann, C. y Knoche, M. (2020). Swelling of cell walls in mature sweet cherry fruit: factors and mechanisms. *Planta* 251(3), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03352-y>
- Simon, G., Hrotkó, K. y Magyar, L. (2004).

Fruit quality of sweet cherry cultivars grafted on four different rootstocks. *Acta Horticulturae*, 658(1), 365–370. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.658.53>

Simon, G. (2006). Review on rain induced fruit cracking of sweet cherries (*Prunus avium* L.), its causes and the possibilities of prevention. *International Journal of Horticultural Science*, 12(3), 27–35. <http://dx.doi.org/10.31421/IJHS/12/3/654>

Sønstebya, A. y Heide, O. M. (2019). Temperature effects on growth and floral initiation in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae* 257, 108762. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108762>

Southwick, S. M., Shackel, K. A., Yeager J. T., D., Asai W. K. y Katakich, M. (1991). Over tree sprinkling reduces abnormal shapes in 'Bing' sweet cherries. *California Agriculture* 45(4), 24–26. <http://dx.doi.org/10.3733/ca.v045n04p24>

Southwick, S. y Uyemoto, J. (1999). *Cherry crinkle-leaf and deep suture disorders*. University of California. Agricultural and Natural Resources Publications.

Steiner, M., Magiar, L., Gyeviki, M. y Hrotkó, K. (2015). Optimization of light interception in intensive sweet cherry orchard. *Scientific Papers. Serie B, Horticulture*, 59, 105–108. <http://horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2015/art17.pdf>

Wilkinson, L. (2002). TableCurve 2D (versión prueba) [Software]. SYSTAT Software Inc.

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. *Agriscentia*, 33(2), 113–125. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v33.n2.16578>

Villar, L., Lienqueo, I., Llanes, A., Rojas, P., Perez, J., Correa, F., Sagredo, B., Masciarelli, O., Luna, V. y Almada, R. (2020). Comparative transcriptomic analysis reveals novel roles of transcription factors and hormones during the flowering induction and floral bud differentiation in sweet cherry trees (*Prunus avium* L. cv. Bing). *PLoS ONE*, 15(3), e0230110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230110>

Winkler, A., Brüggewirth, M., Ngo, N. S. y Knoche, M. (2016). Fruit apoplast tension draws xylem water into mature sweet cherries. *Scientia Horticulturae*, 209, 270–278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.06.041>

Winkler A., Peschel, S., Kohrs, K. y Knoche, M. (2016). Rain Cracking in Sweet Cherries is not Due to Excess Water Uptake but to Localized Skin Phenomena. *Journal of American Society Horticultural Science*, 141(6), 653–660. <http://dx.doi.org/10.21273/JASHS03937-16>

Winkler, A. y Knoche, M. (2019). Calcium and the physiology of sweet cherries: A review. *Scientia Horticulturae*, 245, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.012>

Winkler, A., Blumenberg, I., Schürmann, L. y Knoche, M. (2020). Rain cracking in sweet cherries is caused by surface wetness, not by water uptake. *Scientia Horticulturae*, 269, 109400. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109400>

Wirch, J., Kappel, F. y Scheewe, P. (2009). The Effect of Cultivars, Rootstocks, Fruit Maturity and Gibberellic Acid on Pedicel Retention of Sweet Cherries (*Prunus avium* L.). *Journal of American Pomological Society*, 63(3), 108–114.

Wyman, O., Münch, R., Pöhl, A., Terreaux, G. y Torchalla, J. (2019). *Fruit Logistica Trend Report 2019. Surprises in Store*. Fruitnet Media International. [https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2-de/publications/2019/February/FruitLogisticaTrendReport\\_2019\\_OliverWyman\\_EN.pdf](https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2-de/publications/2019/February/FruitLogisticaTrendReport_2019_OliverWyman_EN.pdf)