

# Una dosis extra de

La aplicación de calcio foliar es cuestionada por su baja eficiencia e impacto sobre la firmeza y las propiedades mecánicas de la cereza. Se analizó el efecto del momento de aplicación y dosis.



**Marlene Ayala**  
Ing. Agr. Dr.



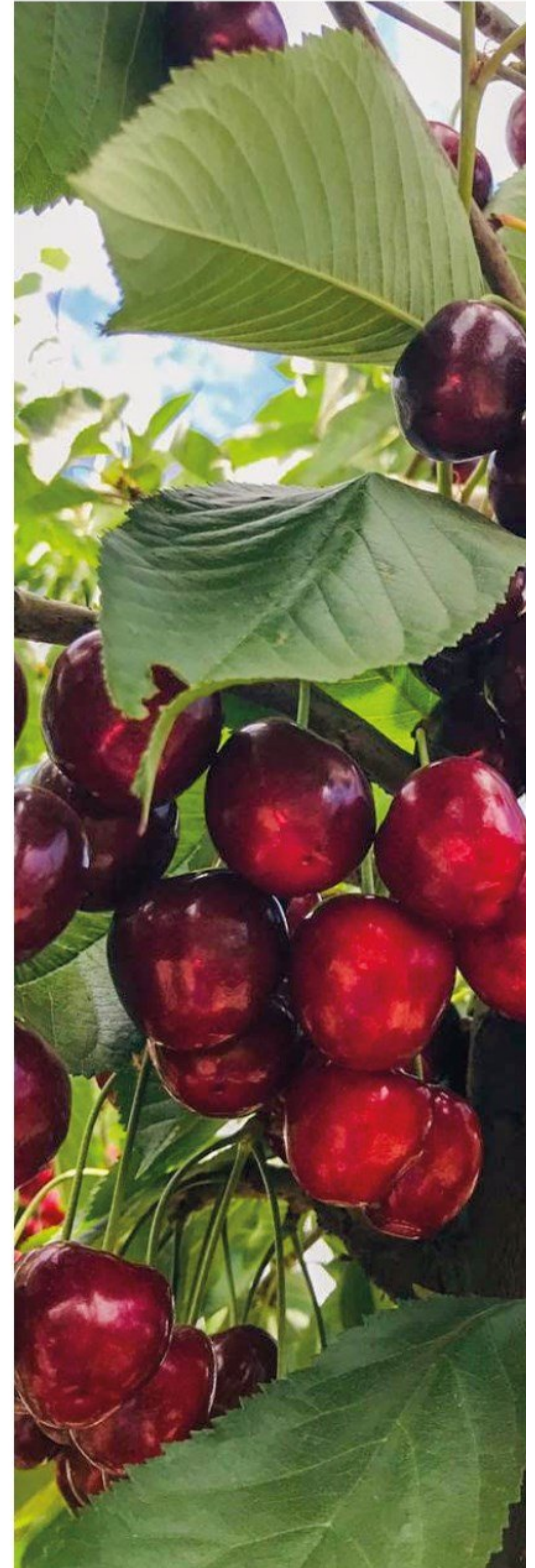
**Maritza Matteo**  
Ing. Agr. Dr.



**Juan Pablo Zoffoli**  
Ing. Agr. Dr.

**L**as cerezas son frutos no climatéricos altamente perecederos y su calidad a cosecha se define por atributos externos y sensoriales que incluyen tamaño de la fruta (calibre), color, textura firme y epidermis libre de *pitting*, machucones y partidura. Su deterioro poscosecha se asocia a la alta tasa de respiración y la expresión de propiedades mecánicas de la fruta. Una textura firme de los frutos de cerezo se relaciona con una menor susceptibilidad a la pudrición, mayor resistencia a los daños mecánicos por compresión y una mayor aceptación por parte del consumidor, lo que ayuda a minimizar las pérdidas y asegurar la comercialización. Cerezas más firmes permiten una velocidad de procesamiento mayor en las líneas, aumentando la eficiencia del proceso de embalaje, y con ello una serie de beneficios de poscosecha, que se traducen en una mejor condición del producto en los mercados de exportación.

La cereza se cosecha en la madurez cercana al consumo. Por lo tanto, las prácticas de manejo de precosecha resultan fundamentales para lograr un producto con la calidad que requiere el mercado de destino, y la condición para soportar el tiempo de poscosecha que transcurre desde la cosecha, selección, embalaje, transporte a destino, distribución al mercado de destino y vida de anaquel. La interacción de múltiples factores durante el manejo del cultivo en precosecha explica su comportamiento a cosecha, lo que hace de las prácticas agronómicas herramientas fundamentales para suplir las brechas de calidad producidas por los factores edafoclimáticas, a los que se expone el cerezo. Dentro de estas prácticas se encuentra la nutrición foliar con calcio (Ca) y la posibilidad de

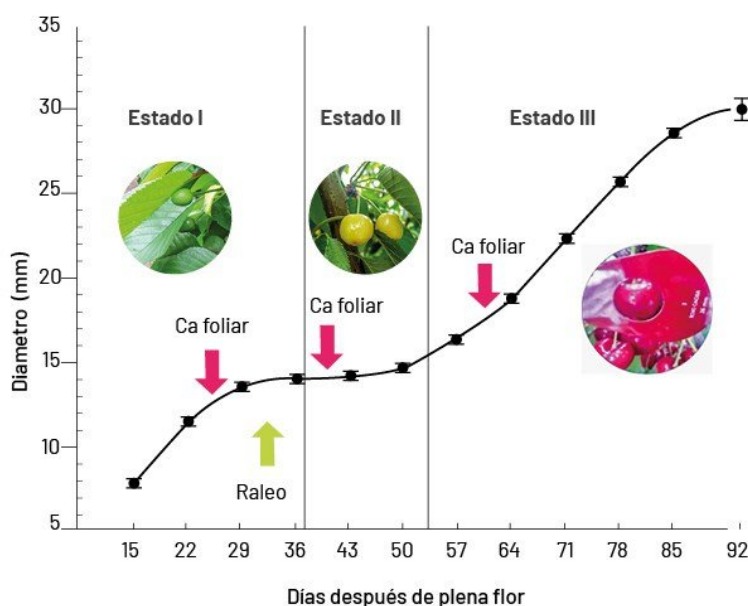




# resistencia



**Figura 1:** Etapas del desarrollo del fruto desde la prefloración hasta madurez en cerezo Lapins/Colt.



Cada punto de datos representa la media  $\pm$  error estándar de la media ( $n = 4$ ). Flecha de color verde indica época de raleo de frutos (31 DDPF). Flechas de color rojo indica época de aplicación de  $\text{CaCl}_2$  al 0,8%.

suplementar su baja disponibilidad en la fruta. Esta práctica que se realiza en otras especies frutales, muchas veces es cuestionada por su baja eficiencia.

La aplicación foliar de Ca en cerezos se ha recomendado principalmente para reducir partidura y aumentar la firmeza de los frutos, sin embargo, se discute su eficiencia y los efectos reales en relación a otras prácticas de manejo. Es así, como a través de un proyecto de investigación en la Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales de la Pontificia Universidad Católica de Chile, hemos profundizado sobre la utilidad y el impacto de las aplicaciones aéreas de Ca en la firmeza y las propiedades mecánicas de la fruta.

En este artículo se resumen algunos de los resultados sobre el uso de Ca foliar en cerezas.

## ESTADO DE DESARROLLO PARA APLICACIONES DE CA FOLIAR

En un primer estudio se evaluó la interacción entre las aplicaciones foliares de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) y el nivel de carga en la combinación Lapins/Colt, conducida en Kym Green Bush (KGB). Se aplicó  $\text{CaCl}_2$  foliar al 0,8% en los estados I (división celular), II (endurecimiento del carozo) y III (crecimiento acelerado) de desarrollo de frutos (Figura 1), considerando árboles con 100% (21 kg/ árbol) y 50% (12 kg/ árbol) de la carga de la temporada.

En árboles no raleados (100% de la carga), una aplicación foliar de  $\text{CaCl}_2$  durante el período de división celular aumentó la firmeza del fruto a la cosecha y su efecto se mantuvo después de 40 d a 0°C y 3 d a 20°C, en com-

Este proyecto fue financiado gracias a FONDECYT (N° 1181939) y REDES (N° 190186).

### Referencias

Matteo, M., J.P. Zoffoli, and M. Ayala. 2022. Calcium Sprays and Crop Load Reduction Increase Fruit Quality and Postharvest Storage in Sweet Cherry (*Prunus avium* L.). *Agronomy* 12(4): 829. doi: 10.3390/agronomy12040829.

Matteo, M., Zoffoli, J. P., Van der Heijden, G., & Ayala, M. (2024). Calcium absorption by fruit and leaves of sweet cherry trees (*Prunus avium* L.) by isotope labeling. *Scientia Horticulturae*, 329, 113026.

Zoffoli, J.P., S. Muñoz, L. Valenzuela, M. Reyes, and F. Barros. 2008. Manipulation of "Van" sweet cherry crop load influences fruit quality and susceptibility to impact bruising. *Acta Hortic.* 795 PART 2: 877-882. doi: 10.17660/ActaHortic.2008.795.142.

**Tabla 1:** Calidad de la fruta a anaquel en la combinación Lapins/Colt respecto al estado fenológico de aplicación de  $\text{CaCl}_2$  (Factor A: 26, 39 o 62 DDPF) y la carga frutal (Factor B: carga natural sin raleo vs. 50% de raleo a los 31 DDPF).

Estado Fenológico en DDPF (A)		<sup>1</sup> Firmeza (0–100 Shore) 45 días <sup>2</sup> AM 0 °C +3 Días 20 °C			
		Carga Frutal (B)			
		Sin raleo		Con Raleo	
Control		80,2	bc	81,7	abc
División celular		85,2	a	83,7	ab
Endurecimiento carozo		80,6	bc	84,1	ab
Crecimiento acelerado		77,8	c	82,8	ab
A x B	Valor-p	0,004			

<sup>1</sup>Media de 20 frutos/repetición.

<sup>2</sup>AM Atmosfera modificada. Letras diferentes indican diferencias significativas entre la interacción A x B según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Control sólo con agua.

paración a aplicaciones durante el endurecimiento del carozo y crecimiento acelerado después de pinta (Tabla 1). Sin embargo, las aplicaciones de  $\text{CaCl}_2$  más tardías redujeron la incidencia de partidura inducida en árboles con raleo (ver Tabla 2). Esto demostró la mayor incidencia de partidura en árboles raleados y la importancia de las aplicaciones más tardías para disminuir esta mayor sensibilidad.

Por otra parte, al analizar las concentraciones naturales de Ca en el fruto, se observó que la acumulación se inicia temprano y disminuye con el avance hacia la madurez, lo que indica un período de mayor concentración en el fruto en estadios iniciales y luego una dilución por el efecto del crecimiento y probablemente también por una menor translocación hacia el fruto (Figura 2).

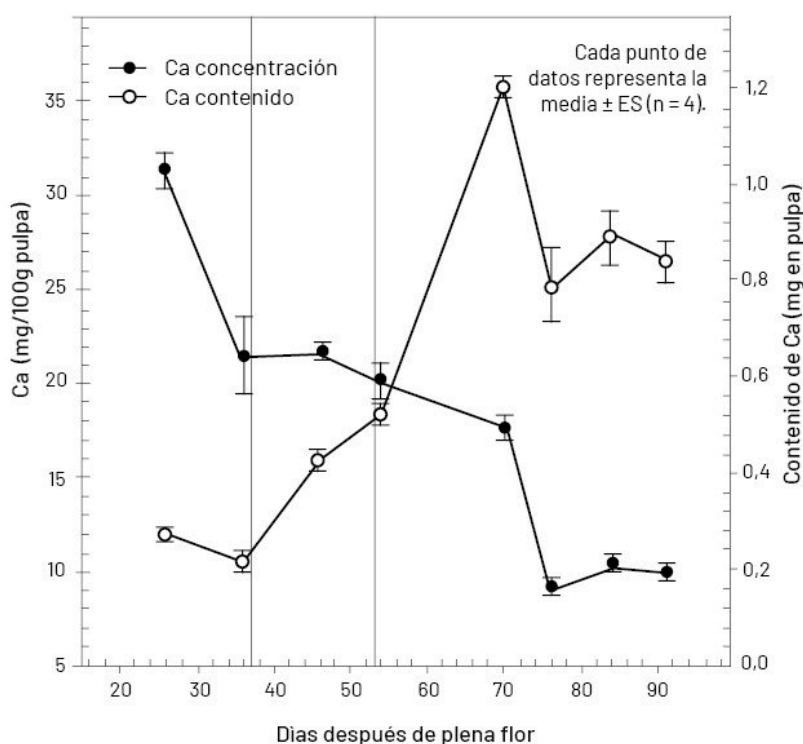
### CONCENTRACIÓN DE CA PARA APLICAR

Los resultados del primer estudio proyectaron la necesidad de entender la relación de la aplicación de  $\text{CaCl}_2$  foliar en la etapa I de crecimiento del fruto con aspectos de la condición del fruto en poscosecha. Para esto, nuevamente se trabajó con la combinación Lapins/Colt, utilizando concentraciones incrementales de  $\text{CaCl}_2$  (Control = 0%; 0,2%; 0,4%; 0,8% y 1,6%) durante la etapa de división celular.

Los valores más altos de Ca en fruta (Tabla 3) y mayor firmeza a cosecha y en almacenamiento se observaron para las concentraciones mayores a 0,8% (Tabla 4). El aumento en la concentración de Ca en la fruta permitió mejorar la resistencia del tejido y la condición poscosecha, pero no logró mejorar la deformabilidad del tejido en forma importante, como para evitar la mayor sensibilidad al *pitting* evaluado en forma inducida. De hecho, la incidencia de *pitting* aumentó un 82% con la aplicación de 0,8% de  $\text{CaCl}_2$ .

Existieron relaciones lineales positivas y significativas entre la concentración de Ca en la pulpa, las propiedades mecánicas de la fruta y el índice de daño, dando como resultado una cereza con menor ablandamiento, pero más frágil al daño por impacto. Además, los tratamientos con  $\text{CaCl}_2$  foliar mostraron una reducción en la incidencia de partidura, y desprendimiento del pedicelo después de 45 d a 0°C. Sin embargo, se observó un aumen-

**Figura 2:** Evolución de la concentración y contenido de Ca en frutos de árboles con 100% de la carga frutal natural y sin aplicaciones foliares de  $\text{CaCl}_2$  en la combinación Lapins/Colt.





**Tabla 2:** Interacción entre el estado fenológico de la aplicación de 0,8% CaCl<sub>2</sub> foliar (Factor A: 26, 39 o 62 DDPF) y la carga frutal (Factor B: carga natural sin raleo vs. 50% de raleo a los 31 DDPF), en el índice de partidura de cerezas Lapins/Colt.

		<sup>1</sup> Índice de Partidura en H <sub>2</sub> O			
		Carga Frutal (B)			
		Sin raleo		Con Raleo	
Estado fenológico (A)	Control	80,2	bc	81,7	abc
	División celular	85,2	a	83,7	ab
	Endurecimiento carozo	80,6	bc	84,1	ab
	Crecimiento acelerado	77,8	c	82,8	ab
A x B	Valor-p	0,044			

<sup>1</sup>Media de 20 frutos/repetición. Letras diferentes indican diferencias significativas entre la interacción A x B según la prueba de Tukey (p < 0.05). Control sólo con agua.

**Tabla 3:** Concentración de Ca del fruto a la cosecha (91 DDPF) en respuesta a diferentes tratamientos foliares con CaCl<sub>2</sub> (Control = 0%; 0,2 %; 0,4% y 0,8%), aplicados 23 DDPF en la combinación Lapins/Colt.

CaCl <sub>2</sub> foliar aplicado (%)	<sup>1</sup> Calcio (mg / 100 g en la <sup>2</sup> pulpa)	
0	7,3	c
0,2	7,9	bc
0,4	8	bc
0,8	9,3	ab
Valor-p	0,003	

<sup>1</sup>Media de tres repeticiones de 500 g cada una. <sup>2</sup>En este estudio se denomina pulpa al exocarpio y mesocarpio del fruto. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (p < 0.05).

**Tabla 4:** Firmeza de la fruta a cosecha (91 DDPF), durante almacenamiento (45 días bajo AM) y en anaquel (45 días bajo AM + 3 días a 20 °C) en respuesta a diferentes tratamientos foliares de CaCl<sub>2</sub>, aplicados 23 DAFB (Control = 0%; 0,2 %; 0,4%; y 0,8%) en la combinación Lapins/Colt.

CaCl <sub>2</sub> foliar (%)	<sup>1</sup> Firmeza (0-100 shore)		
	Cosecha	45 días <sup>2</sup> AM	45 días AM + 3d 20°C
0	64,8 bc	76,5 b	71,5 b
0,2	63,1 c	79,8 ab	75,2 ab
0,4	71,3 ab	79,4 ab	77,6 a
0,8	72,6 a	80,6 a	77,9 a
Valor-p	0,0007	0,0027	0,0004

<sup>1</sup>Medias de cuatro repeticiones de 30 frutos cada una. <sup>2</sup>AM Atmosfera modificada. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (p < 0.05).

to en el porcentaje de frutos con pardeamiento del pedicelo para la concentración más alta de CaCl<sub>2</sub> foliar (1,6%) (Tabla 5), estableciendo un límite en la concentración a utilizar. Por eso en las tablas 3, 4 y 5 se excluye la concentración de 1,6%.

Según lo anterior, concluimos que la aplicación de CaCl<sub>2</sub> foliar en el Estado I de desarrollo del fruto (división celular), debería situarse en el rango de 0,6 a 0,8% para lograr un aumento de la concentración de Ca en la pulpa. Es importante señalar que la concentración de Ca en la fruta control (sin aplicación de Ca foliar) era menor a 10 mg/100gf.

### LA RUTA DEL CA FOLIAR

Finalmente quisimos dilucidar si hojas o frutos difieren en su capacidad de absorber Ca según la etapa fenológica en la que se hizo la aplicación foliar de CaCl<sub>2</sub>. Para detectar diferencias en la absorción y distribución del Ca trabajamos con el isótopo estable de <sup>44</sup>Ca (Ca marcado). Hojas o frutos fueron pintadas con un pincel (Foto 2) durante el desarrollo de frutos.

Los resultados demostraron que frutos y hojas absorbieron Ca marcado durante todo el período de desarrollo del fruto, aunque la huella del Ca varió de acuerdo al momento de aplicación y la fecha de muestreo (Tabla 6). En general, las hojas de los dardos reproductivos presentaron mayores concentraciones de Ca marcado que los frutos. Cuanto más jóvenes las hojas y los frutos, mayor fue la concentración de Ca marcado encontrado en el tejido. Por lo tanto, concluimos que el Ca foliar es absorbido por hojas y frutos, con predominio de las hojas, siendo más eficiente la absorción en frutos y hojas jóvenes.

Foto 2



**Tabla 5:** Calidad de la fruta después de 45 días de almacenamiento en atmósfera modificada (AM) a 0 °C en respuesta a diferentes tratamientos foliares de CaCl<sub>2</sub> (Control = 0 % Control; 0,2 %; 0,4 %; y 0,8%) aplicados 23 DDPF en la combinación Lapins/Colt.

CaCl <sub>2</sub> foliar aplicado	<sup>1</sup> Calidad de la fruta a los 45d bajo AM a 0 °C		
	<sup>2</sup> Pardeamiento del pedicelo (%)	<sup>3</sup> Perdida del pedicelo (%)	<sup>3</sup> Partidura (%)
0	10,5 b	38,2 a	abc
0,2	17,3 ab	28,3 ab	ab
0,4	21,6 ab	23,1 ab	ab
0,8	17,2 ab	22,5 ab	ab
Valor-p	0,0474	0,0081	<0,0001

<sup>1</sup>Medias de cuatro repeticiones de 30 frutos cada una. <sup>2</sup>Pardeamiento del pedicelo sigue la descripción de Zoffoli et al. (2008). <sup>3</sup>Los frutos individuales se clasificaron de acuerdo con: la presencia / ausencia de pedicelo, y partidura. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (p < 0,05).

**Tabla 6:** Interacción entre el estado fenológico (A; SI = 28 DDPF, SII = 45 DDPF y SIII = 65 DDPF) y el órgano enriquecido (B, hojas del dardo reproductivo o frutos) a cosecha (87 DDPF) en la combinación Lapins/Colt (n = 7).

Estado Fenológico (A)	<sup>1</sup> DDPF	Órgano (B)	<sup>3</sup> δ <sup>44</sup> Ca %		
			Promedio	<sup>3</sup> ES	
División celular	28	<sup>2</sup> Hojas	88,7	± 18,8	a
		Frutos	7,7	± 1,8	b
Endurecimiento del carozo	45	Hojas	40,3	± 7,7	b
		Frutos	13	± 3,4	b
Crecimiento acelerado	65	Hojas	18,4	± 2,4	b
		Frutos	7,9	± 1,8	b
A x B	Valor - p		0,0026		

<sup>1</sup>Días después de plena flor, DDPF. <sup>2</sup>Hojas del dardo frutal. <sup>3</sup>Error estándar: ES. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre el Estado fenológico (A) según la prueba de Tukey (p < 0.05) o entre el órgano marcado (B) según ANOVA (p < 0.05).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados, podemos indicar que para el cultivar Lapins el momento y la dosis de la aplicación de Ca, en la forma de cloruro de calcio, es importante para aumentar la eficiencia de absorción foliar (aérea). Cuanto más temprana sea la aplicación foliar de Ca, mayor será la cantidad de Ca recuperado en hojas y frutos. La mayor parte de la absorción es por las hojas, sobre todo durante el período de división celular, con dosis entre 0,6 y 0,8% de cloruro de calcio. Por otra parte, aplicaciones foliares de Ca al inicio del desarrollo del fruto serán más eficientes en aumentar la firmeza de la fruta, mientras que las más tardías dentro de la temporada reducirán el porcentaje de partidura (Figura 3). ☺

**Tabla 6:** Resumen de acuerdo a los resultados obtenidos respecto a aplicaciones de CaCl<sub>2</sub> según fenología del cultivo y enriquecimiento de frutos con Ca marcado.

**Objetivo aplicación foliar de CaCl<sub>2</sub> (recomendación 0,6 a 0,8%)**

**Eficiencia de absorción de la aplicación foliar de CaCl<sub>2</sub>**

**Estado I**  
División celular



Aumento firmeza y deformación del fruto. Al subir concentración existe mayor riesgo a daño por impacto.



**Estado II**  
Endurecimiento carozo



Reducción de partidura inducida en árboles con manejo de carga



**Estado III**  
Rápido crecimiento del fruto



Reducción de partidura inducida en árboles con manejo de carga

