

**En manzanos**

# Acumulación de calcio en la fruta: hechos y falacias

¿Hay un desabastecimiento de calcio hacia la fruta? Una serie de trabajos por investigadores del Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, desmontan esa tradicional creencia.

**POR DR. JOSÉ ANTONIO YURI,**  
DIRECTOR CENTRO DE POMÁCEAS DE LA UNIVERSIDAD DE TALCA.



**E**xiste una arraigada y extendida idea en nutrición mineral, de que el calcio deja de llegar a la fruta tempranamente, siendo trasladado únicamente en los primeros estadios de su crecimiento. En el caso de las manzanas solo lo haría durante los 30 a 40 días después de la cuaja, por lo que, para asegurar un nivel adecuado de calcio en el fruto, la absorción del elemento por parte de las raíces debería maximizarse durante la primavera. Para ello, en este periodo debe evitarse un exceso de amonio y potasio en el suelo y, en casos de alto vigor de las plantas, complementar con un ajuste de carga más tardío, para inhibir el crecimiento de los brotes y evitar la traslocación del elemento hacia ellos.

Recordemos que un gran desarrollo foliar -o una mayor relación hoja: fruto-, propenderá a un déficit de calcio en la fruta, debido a que el elemento se mueve por el xilema hacia las zonas de mayor transpiración. En el caso de los manzanos, los brotes crecen por un máximo de 60 días poscuaja, deteniéndose entre fines de noviembre e inicios de diciembre.

Aplicaciones foliares de calcio sería una herramienta complementaria para una adecuada nutrición y balance de la fruta. Estas deben considerar aspersio-

nes tempranas (frutos de 8 a 12 mm), para permitir que el elemento alcance las capas internas del fruto (dada su baja movilidad, no penetraría más de 5 mm) y, posteriormente, una secuencia de aplicaciones más tardías, según lo indique el contenido de calcio en la fruta medido 60 días después de floración, el cual sirve como indicador de la sensibilidad de la variedad a expresar su deficiencia.

Nuestros trabajos, realizados por más de 30 años en el Centro de Pomáceas, nos han permitido estimar que cada aplicación foliar tiene un límite de aumento de calcio en las manzanas de hasta 0,1 mg/100 g de peso fresco de la fruta. De ahí que se requiera un mínimo de seis aplicaciones por temporada, pudiendo ser necesario duplicarlas, de acuerdo al requerimiento de cada variedad y las condiciones ambientales de la temporada.

La razón por la cual el calcio dejaría de llegar tempranamente a la fruta se debería a una discontinuidad xilemática, causada por su obliteración (callosa) o fractura de sus haces conductores. Esta disfunción sería consecuencia del gran aumento en el volumen del fruto luego del periodo de división celular, donde la conexión con el pedicelo colapsaría, pues el elemento conductor



**Foto 2.** Sección transversal de manzanas Braeburn (izquierda) y Granny Smith (derecha) infiltradas con un colorante (fucsina ácida) entre los 64 y 67 días después de floración. Se observa una gran diferencia en la difusión del compuesto en la pulpa, en una fecha en la cual el xilema debiera estar obliterado (Drazeta et al., 2004. *Annals of Botany*, 93: 275-282).

(vasos principalmente) carecería de elasticidad, como sí la tendrían las células cribosas, responsables del transporte floemático, el cual no se interrumpiría.

Por su parte, el floema no sería apropiado para el transporte de calcio, dado su elevado pH, pero sí es el responsable de abastecer con azúcares y otros minerales a la fruta, mediante un flujo activo. Ello limitaría el movimiento de agua directamente desde el suelo hacia la fruta, haciéndose evidente una carencia de calcio. Este problema afecta a la mayoría de las especies vegetales -no solo frutales-, donde es muy difícil suplir con la debida cantidad de calcio a la fruta.

Las fotos 1 y 2 muestran cómo se podría establecer la continuidad de la conexión vascular desde el brote hacia la fruta, utilizando colorantes vitales.

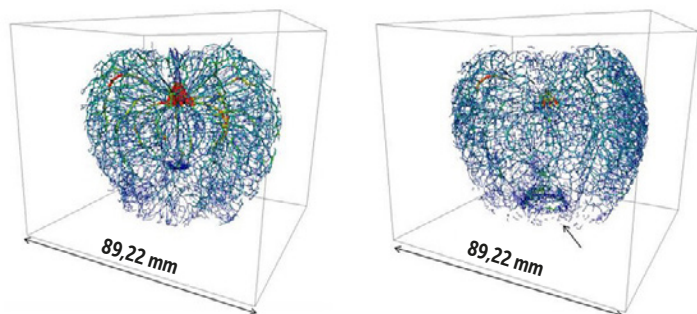
La interrupción del abastecimiento del fruto vía xilema tendría algunas consecuencias hídricas y fisiológicas significativas, como el evitar el retroflujo del agua desde la fruta hacia la planta durante el día, a causa del requerimiento transpiratorio. Contrariamente, al no existir una conexión vascular completa, se evitaría que, durante la noche, y una vez que los estomas se hayan cerrado, el agua irrumpa con fuerza hacia la fruta, causando su partidura, hecho especialmente crítico en cerezas, pero también observable en manzanas de cosecha tardía.

La complejidad del sistema vascular al interior del fruto ha sido estudiada y modelada mediante tomografía de Rayos X (Figura 1), con la que se ha estimado su largo total entre 17 y 18 m lineales. La zona más distal del pedicelo es la más carente en minerales,

**Foto 1.** Infiltración de manzanas 'in situ', para lo cual se introduce un hilo en la base del brote o del dardo para que el colorante (azul de toluidina) se transloque hacia la fruta. De esta forma se podría determinar el momento en que el flujo de interrumpiría por alguna de las dos vías vasculares: xilema y floema.



**Figura 1.** Modelamiento de la compleja red vascular en la pulpa de una manzana cv. Jonagold, obtenida mediante tomografía de rayos X, a las 20 semanas después de floración. (Herremans *et al.*, 2015. *Frontiers in Plant Sciences*. Vol. 6, Art. 679).



especialmente en calcio.

Conviene recordar que el xilema conduce agua en forma ascendente, transportando minerales y moléculas orgánicas desde el suelo y las raíces. La velocidad de su flujo dependerá de diversos factores, entre los cuales se encuentran la superficie foliar, la extensión del sistema radical, la disponibilidad de agua en el suelo, el tamaño de los vasos conductores, la humedad relativa de la atmósfera, la presencia de fruta y el estado fenológico de la planta.

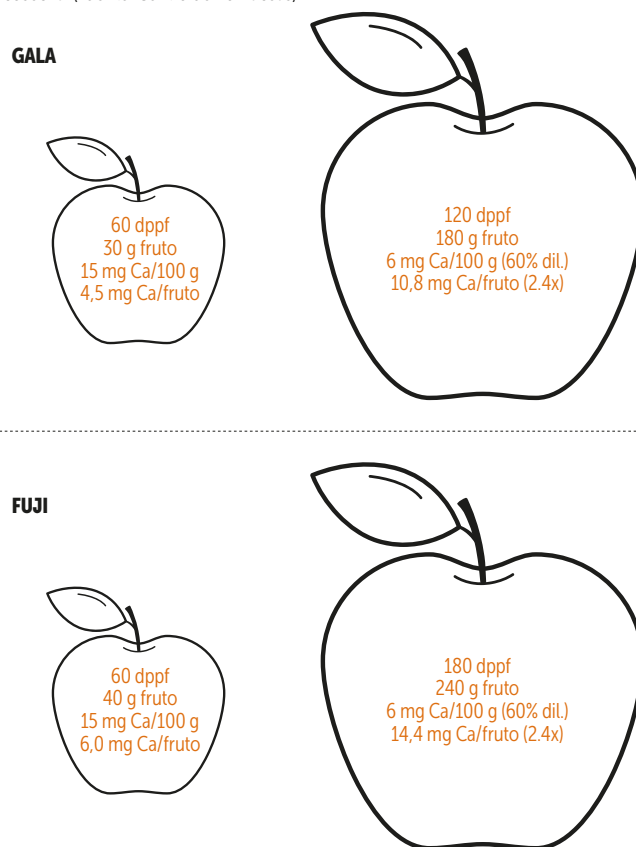
Para dimensionar la competencia que ejerce el flujo transpiratorio sobre la repartición de compuestos a través del xilema entre las hojas y la fruta, consideremos un huerto de manzanos con una producción de 75 t/ha y un índice de área foliar de 3,0 (IAF = Nr. de capas de hoja en 1 ha de suelo), valor considerado adecuado en huertos modernos. La cantidad de fruta señalada tendría una superficie de piel cercana a 0,5 ha (datos del Centro de Pomáceas),

frente a las 3 ha de las hojas. Así, la superficie expuesta a la transpiración sería 12 veces mayor a través de las hojas, pues debe considerarse que éstas tienen una doble superficie para hacerlo.

Si bien la cara adaxial (superior) de una hoja de manzano carece de estomas, los que se ubican en el envés de ésta (cara abaxial) en gran cantidad (40.000 - 50.000 cm<sup>2</sup>), la primera se asemejaría más a la piel de la fruta, en donde la densidad de sus lenticelas -estomas modificados y no funcionales- fluctúa sólo entre 4 - 12 por cm<sup>2</sup>.

El floema, por su parte, tiene movimiento bidireccional (lo cierto es que se mueve hacia cualquier dirección en donde haya demanda de alguna molécula), y por tratarse principalmente de un movimiento activo (requiere de energía para hacerlo), su velocidad de avance estará regulada por la molécula transportada, así como por la fuerza del sumidero ('sinks'). El gradiente de concen-

**Figura 2.** Contenido de calcio en manzanas Gala y Fuji, a 60 días después de floración (DDF) y a cosecha. (Fuente: Centro de Pomáceas).



tración de cada molécula determinará finalmente su sentido de movimiento.

La falacia del desabastecimiento de calcio hacia la fruta se evidencia cuando se compara el nivel del elemento en la pulpa a los 60 días después de flor (DDF) vs a cosecha (Figura 2), donde su contenido es 2,4 veces mayor, indicando que el elemento sigue entrando a la fruta, aunque a una tasa mucho menor debido a la dilución por el gran crecimiento de la pulpa.

La figura 3 muestra la curva de acumulación de calcio en la fruta, tanto en su contenido como en la tasa en que el elemento ingresa a la manzana. Si bien la tasa muestra una fuerte caída después de los 40 DDF, el calcio sigue aumentando hasta el final del crecimiento del fruto.

Queda abierta la pregunta de cómo y por qué vías el calcio sigue llegando a la fruta, tema que debe ser estudiado desprejuiciado de las certezas que antes se tenían. **Ra**

**Figura 3.** Variación en la acumulación (izquierda) y tasa de absorción (derecha) de calcio durante el crecimiento de una manzana.

