



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Optimización de la Calidad de Palta 'Hass'

Herramientas Para Enfrentar Nuevos Desafíos



Editores:

Bruno Defilippi B.

Raúl Ferreyra E.

Sebastián Rivera S.

INIA La Cruz - INIA La Platina
Chile, 2015

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA N° 307

El trabajo presentado en esta publicación fue financiado por los siguientes proyectos: Innova 08CT111UM-10; Innova11CEII-9568 y Fondecyt Regular 1130107. Además, este boletín es una actualización de Ferreyra E., Raúl y Defilippi B., Bruno (eds.). 2012. Factores de Precosecha que afectan la postcosecha de palta Hass. Clima, suelo y manejo. 100 p. Boletín INIA N° 248. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Cruz, La Cruz, Chile.

Directores responsables:

Ernesto Cisternas Arancibia, Dr.
Director Regional INIA La Cruz.

Manuel Pinto Contreras, Dr.
Director Regional INIA La Platina

Boletín INIA

Cita bibliográfica correcta:

Defilippi B., Bruno, Ferreyra E, Raúl y Rivera S, Sebastián (eds.). 2015. Optimización de la calidad de palta 'Hass': herramientas para enfrentar nuevos desafíos. 142p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

© 2015. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Centro Regional de Investigación La Cruz. Chorrillos 86. Comuna La Cruz. Teléfono fax (56-33) 321780. Casilla 3, La Cruz. Región de Valparaíso, Chile.
Centro Regional de Investigación La Platina. Santa Rosa 11.610. Comuna La Pintana. Teléfono fax (56-02) 25779100. Casilla 439, Correo 3. Región Metropolitana, Chile.

ISSN 0717 - 4829

Autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores.

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V., Diseñador Gráfico.
Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 1.000

La Cruz, Chile, 2015

FACTORES DE MANEJO AGRONÓMICO QUE AFECTAN LA POSTCOSECHA DE LA PALTA "HASS"

John P. Bower. | *Bruno Defilippi B.*
Raúl Ferreyra E. | *Mary Lu Arpaia.*

La variedad 'Hass' es la principal variedad comercial en el mundo, y fue registrada en 1935 originada en La Habra (Heights, California) por Rudolph G. Hass, a partir de una semilla establecida al principio de los años 20 (Téliz, 2000).

El árbol de la variedad es de tamaño mediano a grande con un crecimiento erecto, copa redondeada y pertenece al grupo floral A. Su fruto es ovado con un peso entre 140 a 400 g aunque en varios países tiende a ser de menor peso, la pulpa es cremosa aprovechable hasta en un 70% y de un excelente sabor dado por su alto contenido de aceite y sin presencia de fibra. La cáscara es algo coriácea, rugosa y de color púrpura oscuro al madurar. La semilla es pequeña y adherida a la cavidad. El árbol es excelente productor y su fruta se puede mantener en el árbol por algunos meses después de madurez fisiológica, la pulpa tiende a volverse harinosa cuando se cosecha muy tarde (Téliz, 2000; Newett *et al.*, 2007).

El momento adecuado de la cosecha es aquel donde el fruto posee valores mínimos de materia seca y aceite adecuado para una correcta maduración, lo que mejora el comportamiento en postcosecha proporcionando las mejores características organolépticas (Cajuste *et al.*, 1994). A partir de la década de los ochenta, en California (EE.UU) se comenzó a utilizar porcentajes mínimos de aceite diferentes para cada variedad, correspondiendo un 10% para el cv. 'Fuerte' y 11,2% para el cv. 'Hass' (Arpaia, 1990).

La calidad en postcosecha de la palta se puede definir de muchas maneras; sin embargo, los factores más importantes desde el punto de vista comercial se refieren a la vida útil, los desórdenes externos e internos, y los daños patológicos. Además, por ser una fruta con comportamiento climatérico, es posterior a cosecha donde se registran las mayores pérdidas. Dadas las características ya mencionadas, la postcosecha de la palta es limitada si no se aplican métodos que ayuden a extender su vida durante el almacenaje en frío (Whiley, 2001).

Uno de los problemas que enfrenta la palta chilena en los mercados de destino, es la heterogeneidad del producto, principalmente en términos de tiempo de ablandamiento para alcanzar madurez de consumo. Esta situación, a pesar de ser observada al momento de la recepción, en términos de color y firmeza de pulpa, tiene un gran efecto al llegar al receptor porque el producto no presenta madurez uniforme. Por lo tanto, a menudo existe un costo asociado al momento de recibir la palta en el mercado de destino, en el cual si la desuniformidad es alta, el receptor debe volver a seleccionar y embalar. Por otro lado, existe el riesgo de llegar con fruta muy desuniforme a nivel de consumidor sin cumplir las expectativas por este producto (Ferreira y Selles, 2007).

Si bien las condiciones de almacenamiento durante la postcosecha tienen efecto sobre la vida útil de la palta, las características fisiológicas de la fruta al momento de la cosecha tienen un gran impacto en la condición y la calidad final del producto (Bower y Cutting, 1988). Los efectos de la temperatura, el tiempo de almacenamiento y la atmósfera utilizada en la postcosecha pueden ser fácilmente definidos. Sin embargo, los factores de precosecha que afectan la calidad de postcosecha son más difíciles de evaluar. Los factores que afectan la fisiología de la fruta durante el período de crecimiento están relacionados con el clima y los manejos controlados, tales como la nutrición mineral y relaciones hídricas, entre otros.

En el momento de la cosecha, la fruta se retira de la fuente de suministro de agua y carbohidratos. Sin embargo, las células de la fruta los necesitan para seguir viviendo el mayor tiempo posible durante el período de postcosecha, y para lograr esto, se requiere una cantidad ade-

cuada de carbohidratos (fuente de energía) y agua, componentes esenciales para reacciones bioquímicas. Además, el período de almacenamiento en frío (para reducir la respiración y prolongar la vida útil) impone un estrés por bajas temperaturas, pérdida de agua, y generación de radicales libres (Connor *et al.*, 2002). Las células, especialmente las membranas, tienen que ser lo suficientemente robustas para soportar tal presión, y también son necesarios absorbentes de radicales libres, para minimizar el daño potencial de la tensión después de la cosecha (Tesfay, *et al.*, 2010). Por lo tanto, el desarrollo de la fruta en precosecha es de gran importancia.

La intención en este capítulo es discutir el rol de algunas prácticas de manejo agronómico en la calidad postcosecha de frutas, ya que estos factores son importantes prácticas de manejo que pueden ser controladas.

2.1 FACTORES QUE AFECTAN LA HETEROGENEIDAD DE LA FRUTA

Las causas de esta heterogeneidad van desde diferencias en el contenido de aceite, o edad fisiológica de las paltas, hasta efecto de los factores de precosecha. Durante las labores de embalaje de la palta, solamente es posible realizar una segregación automatizada de la fruta basada en aspectos externos, como color y tamaño (calibre). No obstante, hasta la fecha no existe para palta un instrumento, índice o metodología de precosecha o postcosecha que permita segregar en forma eficiente lotes de acuerdo a la capacidad de almacenamiento (Ferreyra y Selles, 2007).

2.1.1 Ubicación y orientación del fruto

Según Muñoz (2004) la ubicación de los frutos respecto a la altura en el árbol influye en el grado de madurez, no existiendo diferencias en la ubicación geográfica, tanto para cv. 'Hass' como para cv. 'Fuerte'. Esta diferencia de madurez causada por la ubicación de los frutos respecto a la altura, se debe a la mayor cantidad de horas de radiación que recibe diariamente la zona superior del árbol, en comparación a las zonas bajas.

Hofman y Jobin-Décor, (1999), afirman que la orientación del lado desde donde se cosecha la fruta no tiene incidencia sobre el contenido de materia seca en paltas, contrariamente lo que ocurre en otras especies como mango (*Mangifera indica* L.) o litchi (*Litchi chinensis*). Esto puede deberse a que en huertos "emboscados" no ocurre una distribución normal de la luz. Las hojas desarrolladas en la sombra producen menos fotosíntesis neta, pudiendo consumir la mitad de los carbohidratos sintetizados (Gil, 1999).

2.1.2 Portainjerto/variedad

Kremer-Köhne *et al.* (1993), observaron que el palto 'Hass' tiene mayor porcentaje de fruta sin presencia de desórdenes fisiológicos en postcosecha comparado con la variedad 'Fuerte'. El uso de portainjertos clonales de palto es una técnica relativamente reciente (Brokaw 1987) y por ende, la influencia del portainjerto sobre la calidad de la postcosecha es aún poco conocida. A pesar de esto, Marques (2002) demuestra que el portainjerto puede afectar la incidencia y severidad de enfermedades de postcosecha, e indica que bajo las condiciones australianas, la fruta de los árboles 'Hass' cultivados sobre portainjerto clonal Velvick tienen menor incidencia de enfermedades en postcosecha, comparada con la fruta de los árboles 'Hass' cultivados sobre portainjerto Duke 7.

2.1.3 Nutrición mineral

La nutrición mineral tiene un significativo efecto sobre la evolución de la fruta durante el almacenaje en frío y su vida en estantería, ya que incide en la aparición de desórdenes fisiológicos y enfermedades de postcosecha (Whiley, 2001).

Thompson (2010), señala que la composición química de la fruta es afectada por el estatus nutrimental del suelo donde se desarrollan, afectando su vida de almacenamiento. Así mismo menciona que la relación mineral de la fruta no es predecible para tal fin, sin embargo en algunos casos el estatus nutrimental si es usado para determinar la postcosecha.

El palto se caracteriza por presentar en general una baja demanda de nutrientes y la estrategia de fertilización del palto 'Hass' en Chile se basa en la aplicación de nitrógeno, boro y zinc al suelo (Barrera *et al.*, 2006). La influencia de las prácticas nutricionales sobre la calidad de la palta no ha sido esclarecida, sin embargo distintas investigaciones han demostrado que el estado nutricional del fruto puede afectar su calidad de postcosecha. Estudios previos sugieren que la calidad de la palta parece estar afectada, en primer lugar, por el calcio (Kremer-Köhne *et al.* 1993) y en segundo lugar, por el nitrógeno (Arpaia *et al.*, 1995) y el boro (Smith *et al.*, 1997).

Los efectos de la nutrición mineral son complejos, ya que hay muchas interacciones entre los elementos, así como efectos sobre el árbol como un todo, que a su vez afecta a la fruta de diversas maneras. También hay efectos directos sobre la fruta a través de la estructura celular. Hay tanto micro como macro-elementos de importancia. Sin embargo, hay ciertos elementos que destacan en términos de calidad final del fruto, siendo el elemento mineral más conocido que juega un papel en la calidad de la fruta el calcio.

2.1.3.1 Calcio

El calcio es el mineral más frecuentemente relacionado con la vida útil de la fruta y los desórdenes fisiológicos internos, existiendo varios trabajos donde después de la mejora de la nutrición de calcio se mejora el almacenaje de esta fruta (Atkinson *et al.*, 1980; Poovaiah *et al.*, 1988). Thorp *et al.* (1997) y Penter y Stassen (2000) indican que altas concentraciones de calcio en la fruta están relacionadas con una menor incidencia de pardeamiento de pulpa y pardeamiento vascular. También un aumento de las concentraciones de calcio en las frutas se ha correlacionado con retraso en la maduración (Vuthapanich, 1998). Estos efectos se explicarían en parte a través de la respiración, un retraso en el peak de etileno y un retraso general de la senescencia de la fruta.

Chaplin y Scott (1980) encontraron que aplicaciones de calcio en postcosecha reducen lesiones cuando la fruta es almacenada a bajas temperaturas. Mientras que Cutting *et al.* (1992) reportan una disminu-

ción del contenido calcio en la fruta cuando avanza la madurez, con un incremento en la decoloración de la pulpa cuando se someten a bajas temperaturas de almacenajes.

Más recientemente Hofman *et al.* (2002) establecieron una relación indirecta entre la concentración de calcio en la fruta ('Hass') y el color de la pulpa cuando ha madurado. Por lo tanto, existe un importante conjunto de pruebas que vinculan directamente las concentraciones de calcio en la fruta con trastornos fisiológicos que pueden desarrollarse en las paltas durante el manejo de postcosecha.

La edad de la fruta también determina la condición interna; fruta cosechada tarde durante la temporada es más susceptible a sufrir desórdenes en su almacenaje debido a que su contenido de calcio es más bajo, comparado con fruta cosechada más temprano (Penter y Stassen, 2000; Thorp *et al.*, 1997).

Si bien la administración de calcio para optimizar las concentraciones en la fruta parece deseable, es difícil de lograr ya que el calcio se absorbe a través de las raíces y se distribuye al resto del árbol, principalmente a través del xilema. En las hojas, que pierden la mayor cantidad de agua, se acumula más calcio que otros órganos. Así pues, los factores que afectan acumulación de calcio en la fruta son las concentraciones de calcio en el suelo, las concentraciones de otros cationes (debido a que compiten por la absorción de calcio por las raíces), el vigor del árbol (Witney *et al.*, 1990), el manejo del riego, y probablemente portainjertos.

2.1.3.1.1 Calcio y pardeamiento de pulpa

El pardeamiento de pulpa (**Foto 2.1**), llamado también pardeamiento interno o decoloración de pulpa, se puede producir por una inadecuada ventilación de la fruta durante su almacenaje, o a causa de una baja temperatura almacenaje (Berger, 1996). Muchos desórdenes, como el pardeamiento de pulpa, están relacionados con deficiencia de calcio que inducen fallas en el sistema de membranas celulares. El pardeamiento de pulpa es resultado de la oxidación de compuestos fenólicos, que estaban almacenados en las vacuolas, y que luego de la

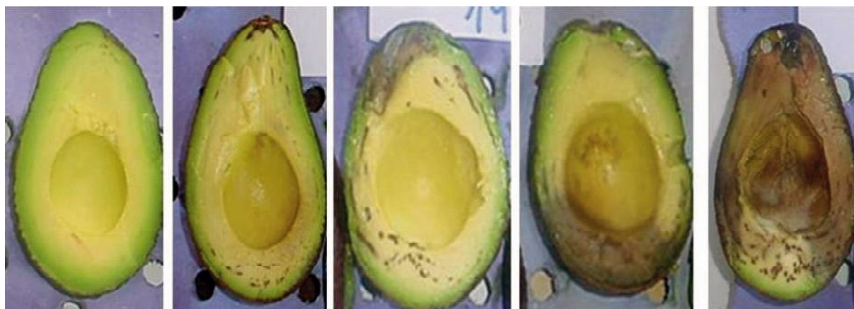


Foto 2.1. Distintos niveles de pardeamiento de pulpa en palta cv. 'Hass'.

pérdida de las membranas son oxidados por la polifenol oxidasa que está presente en el citoplasma (Bangerth, 1976).

Hofman *et al.* (2002), reportaron una menor incidencia de pardeamiento de pulpa, en palta var. 'Hass', cuanto mayor era el contenido de calcio, magnesio, y mayor la relación $(Ca+Mg)/K$. Alta concentración de fósforo y potasio se correlacionó con una mayor incidencia.

2.2.3.1.2 Calcio y pardeamiento vascular

En palta var. 'Fuerte', la combinación entre alto contenido de potasio en el suelo (mayor a $98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) y alta concentración de potasio foliar (mayor a 1,4%), se correlaciona con una menor incidencia del pardeamiento vascular (**Foto 2.2**) después de almacenaje en frío (Du Plessis y Koen, 1988). Por su parte Thorp *et al.* (1997), observaron en

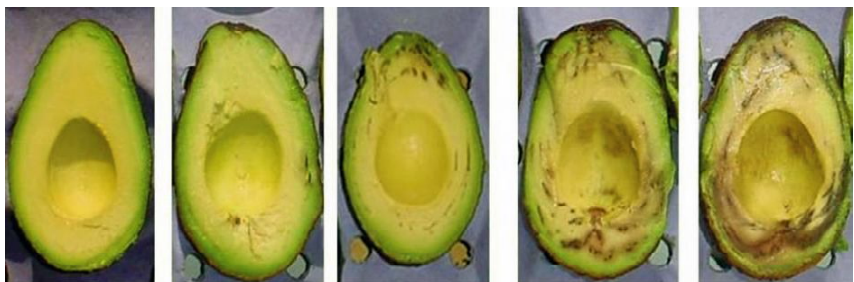


Foto 2.2. Distintos niveles de pardeamiento vascular en palta cv. 'Hass'

paltas var. 'Hass' que la concentración de calcio en fruta, es un mejor indicador sobre el posible nivel de pardeamiento vascular, respecto a contenidos entre calcio, magnesio y potasio de la fruta; de este modo, la fruta con un mayor contenido de calcio presenta un menor pardeamiento vascular.

Por otro lado, un aumento del magnesio en la fruta se correlaciona con una mayor incidencia del pardeamiento vascular, precisamente por una baja en la absorción de potasio. Además, mayor nitrógeno en la pulpa también aumenta la incidencia de este desorden (Du Plessis y Koen, 1988). En general, la susceptibilidad a desórdenes fisiológicos aumenta al retrasarse la cosecha, como lo señalan Carrillo (1991) y Barrientos (1993).

El calcio se ha asociado con muchos trastornos o desórdenes de la fruta (Bangerth, 1974), como el *Bitter pit* en manzana, *Soft nose* en mango, y la decoloración del mesocarpio en la palta. La tasa de maduración de la palta también es afectada por el contenido de calcio en la fruta, donde un mayor contenido resulta en una maduración más lenta (Cutting *et al.*, 1992).

El calcio actúa en el tejido de la fruta de numerosas maneras. Como componente estructural está presente en las paredes celulares (Ferguson, 1984). Durante la maduración, las pectinas se solubilizan y actúan en la eliminación del calcio estabilizador. A mayor calcio presente, más tiempo se tardará en completar el proceso, y por lo tanto se necesitará más tiempo para el ablandamiento (Conway *et al.*, 1992). El calcio también estabiliza las membranas (Battey, 1990), disminuyendo la posibilidad de daño durante el estrés, especialmente en postcosecha. Además, el calcio actúa como un regulador bioquímico, ayudando a controlar una serie de importantes reacciones celulares. Entre ellos está la respiración, con mayores niveles de calcio, provoca menor respiración, que tiene un efecto positivo en la vida de anaquel de la fruta.

La concentración de calcio en la fruta tiende a aumentar rápidamente durante la etapa principal de división celular, luego disminuye, a medida que baja la tasa de absorción y se diluye con el crecimiento del fruto (**Figura 2.1**) (Bower, 1985). Por lo tanto, la absorción de calcio y

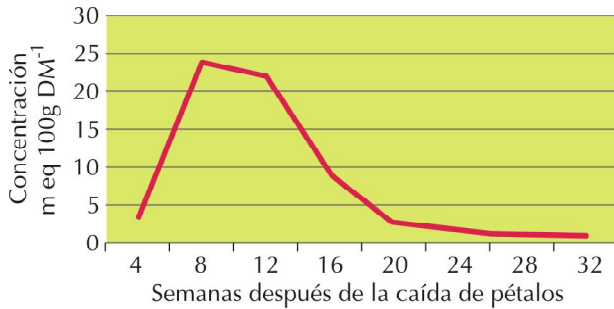


Figura 2.1. Cambios en la concentración de calcio durante el desarrollo de la fruta

distribución en el árbol es de particular importancia en el manejo de la fruta en postcosecha. Los exportadores sudafricanos utilizan la concentración de calcio en el fruto como una herramienta de determinación de la calidad.

En Sudáfrica se ha encontrado que se requiere una concentración de calcio de $>1\ 000\ \text{mg kg}^{-1}$ al final del período de mayor división celular (aproximadamente 8 semanas después de la caída de pétalos) (Snijder, 2002).

Se han estudiado la aplicación foliar de calcio para aumentar la absorción (Penter *et al.*, 2001), pero el éxito ha sido limitado. El calcio generalmente está en niveles adecuados en el suelo pero puede ser deficiente en la fruta ya que la absorción de calcio y su distribución se ve afectada por numerosos factores. En trabajos en tomate, Bangerth (1979) mostró que el movimiento de calcio en la fruta depende del movimiento de auxina fuera de la fruta. Cuanto mayor sea la tasa de división celular, más auxina se produce para el movimiento fuera de la fruta, lo que explicaría el patrón de cambio de calcio indicado en la Figura 2.1. Para confirmar que este es un posible mecanismo, Cutting y Bower (1989) llevaron a cabo el experimento mostrado en la **Figura 2.2**. Frutos pequeños fueron cosechados, y los pedicelos colocados en un bloque de agar. El bloque de agar contenía CA45 como un trazador radioactivo (Figura 2.2A). A un fruto se le aplicó el inhibidor del transporte de auxina TIBA. Después de varios días (Figura 2.2B) se encontró que en ausencia de TIBA, la auxina se movió dentro del bloque de

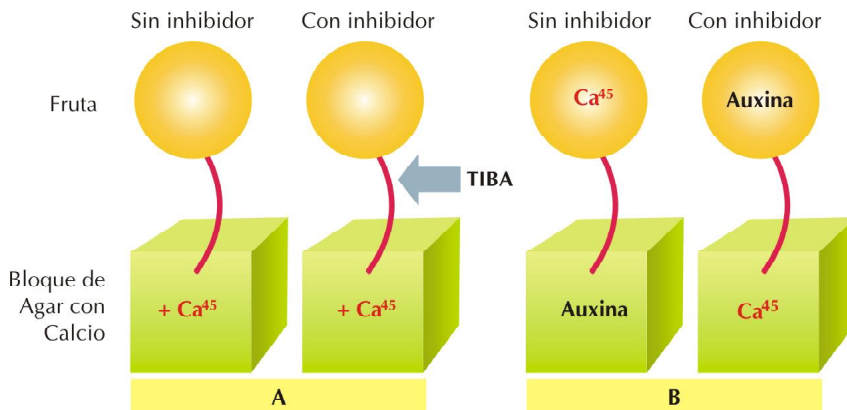


Figura 2.2. Diagrama que muestra el rol que juega el transporte de auxina en la absorción de calcio.

agar, y el Ca^{45} se movió dentro de la fruta. Sin embargo, en presencia de TIBA, el calcio no se movió en la fruta, y la auxina tampoco se movió al bloque de agar. Esto demostró que en palta el calcio se mueve en las zonas que exportan auxina, que a su vez están relacionadas con la división celular. Así, mientras más rápida y extensa sea la división celular, más calcio se moverá a dicho órgano.

Otro factor que afecta el movimiento del calcio es el agua. El calcio se mueve de las raíces hacia la fruta y las hojas en el xilema, y la tasa de movimiento se ve afectada por la velocidad de movimiento del agua, que es a su vez depende de la transpiración (Witney, *et al.*, 1990). La disponibilidad de agua afecta a la transpiración, con estrés hídrico se restringe el movimiento debido al cierre de los estomas. La **Figura 2.3** muestra los efectos de un riego deficitario sobre la concentración de calcio en el fruto, en contraposición a un riego adecuado (Bower, 1985).

Además, las hojas, especialmente aquellas que rodea la fruta, tienen una tasa de transpiración mayor que la fruta y por lo tanto la relación hoja a fruta se vuelve importante. Mientras más hojas hay en relación a las frutas, más calcio se dirigirá hacia ellas en lugar de hacia la fruta. La descarga final de calcio en las células depende de la circulación de la auxina, y por lo ende, la división celular. Cuanto mayor sea el crecimiento de las hojas nuevas en primavera, que coinciden con el crecimiento del fruto,

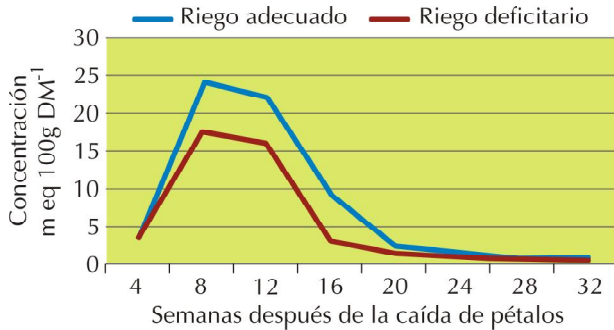


Figura 2.3. Efecto de la irrigación sobre la concentración de calcio durante el desarrollo de la fruta.

más será la competencia por el calcio. Mientras que el crecimiento vegetativo de primavera es necesario más tarde, para el desarrollo del fruto, la competencia con el crecimiento del fruto durante el período de división celular temprana, afecta la carga de calcio a la fruta. Cuanto mayor sea el vigor vegetativo, menos calcio se moverá a la fruta (Van Rooyen, 2005). Por consiguiente, es necesario controlar el vigor vegetativo de la floración hasta el final del período principal de la división celular de la fruta. Un fuerte impulsor de vigor vegetativo es el nitrógeno.

2.1.3.2 Nitrógeno

Mientras que el calcio es indudablemente importante en términos de calidad de la fruta, es evidente que desde un punto de vista práctico, es difícil de manejar el calcio de la fruta mediante la aplicación exógena de calcio. Su absorción y ubicación en la fruta se debe lograr modificando la fisiología que controla el proceso. Se requiere adecuado contenido de agua en el suelo para asegurar el movimiento del calcio en el árbol, pero la relación entre el crecimiento vegetativo y la fruta es probablemente más importante. Por lo tanto, no es sorprendente que van Rooyen y Bower (2005) encontraron que, de todos los elementos minerales relacionados a la decoloración del mesocarpio, el nitrógeno es el más importante debido a su efecto sobre el crecimiento vegetativo, y a través de éste, el movimiento de calcio a la fruta, así como posiblemente los factores relacionados con el movimiento de hidratos de car-

bono. La **Figura 2.4** (Van Rooyen y Bower, 2003) muestra el efecto sobre la calidad del fruto interno de diferentes orígenes. Uno resulta de condiciones de bajo nitrógeno en fruta y buena calidad (A), y el otro de alto nitrógeno en fruta y baja calidad (B). Exportadores sudafricanos también utilizan el contenido de nitrógeno en fruta como una herramienta diagnóstica de calidad. Se encontró que un nivel de nitrógeno en mesocarpio de $<1\%$ en enero (aproximadamente 4 a 5 meses después de cuajado del fruto y de 4 a 5 meses antes de la cosecha) es un buen indicador del potencial de calidad de la fruta (Snijder, *et al.*, 2002). En relación a la fertilización nitrogenada, Lovatt (2000), observó un ligero aumento de pardeamiento interno de pulpa, asociado a un tratamiento de fertilización con nitrato de amonio distribuido en dos dosis, en agosto y septiembre (febrero y marzo del Hemisferio Sur), aplicado en un año de alta producción.

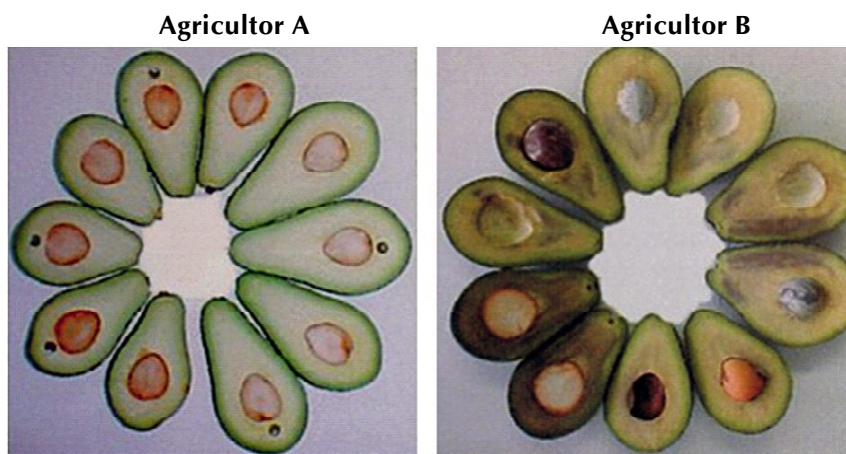


Figura 2.4. Efecto del nitrógeno de la fruta sobre la calidad. Fruta del productor A contiene bajo nivel de nitrógeno y productor B alto nivel de nitrógeno.

El nitrógeno, en particular afecta el vigor del árbol (Witney, *et al.*, 1990), y por lo tanto también el suministro de hidratos de carbono a través de la fotosíntesis y la distribución o separación de los carbohidratos. Los carbohidratos son importantes en términos de calidad de la fruta, ya

que se necesitan para la respiración y maduración normal (Tesfay, 2009). Por lo tanto, la cantidad de hidratos de carbono disponible para la respiración en el momento de la cosecha tendrá un impacto sobre la vida útil, y posiblemente también en la calidad en términos de desórdenes fisiológicos. La palta difiere de la mayoría de otras frutas, en que los azúcares de 6 carbonos, tales como glucosa y fructosa están presentes sólo en pequeñas cantidades, y los azúcares predominantes son, de hecho, dos azúcares 7-carbono estrechamente relacionados, manoheptulosa y perseitol (Liu *et al.*, 1999). Estos azúcares parecen tener más de una función. Aparte del rol en la respiración y la producción de energía para mantener las células y proporcionar energía para el proceso de maduración (Liu *et al.*, 2002; Meyer y Terry, 2010), son importantes en términos de calidad de la fruta, podrían tener un papel específico en la maduración del fruto, siendo parte del mecanismo de control de la iniciación de la maduración (Liu *et al.*, 2002). Además, la manoheptulosa es un poderoso anti-oxidante (Tesfay *et al.*, 2010). Cuanto más alto sea el nivel, sobre todo en la cosecha, mejor sería la calidad de postcosecha de la fruta, especialmente si la fruta se somete a largos períodos de baja temperatura que sea necesario para el envío a mercados distantes.

El contenido de carbohidratos neto de la fruta a la cosecha se verá afectado por la producción neta del árbol, así como la compartimentación de los hidratos de carbono entre las diversas partes del árbol. En este contexto, el vigor del árbol y la relación entre fruto y brote es muy importante. La oportunidad y alcance de crecimiento de brotes de los árboles en relación con el crecimiento del fruto y el desarrollo es, por lo tanto, también importante. Desde el punto de vista del manejo del huerto, esto puede ser controlado en gran medida por la cantidad y la sincronización de las aplicaciones de nitrógeno. En general los niveles de nitrógeno de los árboles deben mantenerse a niveles suficientes para el crecimiento normal, pero asegurando no producir un crecimiento vegetativo excesivo, así como mantener niveles adecuados en la fruta. La aplicación de primavera no debe ser excesiva para asegurar una fructificación adecuada y alcanzar una correcta relación de crecimiento vegetativo y fruta. Esto también ayudará con la absorción de calcio en el fruto. La aplicación de verano debe ser ade-

cuada para garantizar que los hidratos de carbono se ubiquen en la fruta y el árbol, y permitir el almacenamiento de hidratos de carbono para la floración y cuajado de frutos en la temporada siguiente. Por consiguiente, es muy importante aplicar nitrógeno sobre la base de análisis foliar (y, posiblemente, frutas) y ajustar ligeramente para la carga de producción. También es importante considerar que el efecto de traspaso puede ocurrir desde la presente temporada a la siguiente, así como disparar la relación fruta en un año puede afectar la floración y el cuajado de los frutos de la temporada siguiente.

Desde el punto de vista de la nutrición mineral, el nitrógeno es posiblemente el elemento más importante, ya que tiene la capacidad de controlar el crecimiento vegetativo, y por lo tanto afecta también a muchos otros factores, como la floración, fructificación y la relación brote y fruta y a través de esto, la absorción y distribución de calcio y suministro de hidratos de carbono y su partición.

2.1.3.3 Boro

Elemento típicamente deficiente en los huertos de paltos. Es clave un cuidadoso control de las aplicaciones para aumentar la producción y mejorar la calidad de la fruta (Wolstenholme, 1999).

La deficiencia también tiene un efecto en adelantar el ablandamiento de la fruta luego de cosechada. Debido a que el 95% del boro total se encuentra en la pared celular, se le atribuye un rol en la preservación de la estructura de las paredes celulares (Bonilla, 2000; Smith *et al.*, 1997).

2.1.4 Estrés hídrico

Resulta difícil cuantificar los efectos del riego sobre la calidad de la fruta en postcosecha. Sin embargo, Bower (1985) observó que el déficit hídrico previo a cosecha aplicado a árboles de paltos, influye sobre los niveles de la polifenol oxidasa (PPO) medidos en paltas maduras almacenadas por 30 días a 5,5 °C. La PPO ha sido asociada a la decoloración del mesocarpio en paltas. Este autor también vio que el déficit

hídrico de precosecha influye sobre la capacidad de la fruta de soportar bajos niveles de O_2 y altos niveles de CO_2 . La fruta proveniente de árboles con estrés hídrico de precosecha tuvo más desórdenes fisiológicos después del almacenaje y madurez, comparada con la fruta de árboles no estresados.

Plantas sometidas a déficit hídrico presenta un menor nivel de calcio en pulpa (Lahav, 1990). Esto se puede explicar porque el calcio entra a las plantas a través de flujo masal, por lo cual a mayor transpiración mayor absorción de calcio. Esto se observa en otras especies, por ejemplo en tomate la influencia de *Blossom end root* (deficiencia de calcio) se presenta con mayor incidencia los años de baja pluviometría al igual que el *Bitter pit* en manzanas. También es de esperar que el nivel de calcio en los frutos sería más altos en las zonas donde la evapotranspiración de referencia es mayor (Lahav, 1990).

Un buen riego supone una gestión eficaz del agua, sin producir un estrés hídrico. Esto incluye tanto contenidos insuficientes, así como niveles excesivo de agua en el suelo (Bower, 1985). Del estrés hídrico resulta el cierre de estomas conduciendo a una disminución en el flujo de agua a través del árbol, así como la disminución de la fotosíntesis. Un flujo de agua menor afecta la absorción y distribución del calcio y otros elementos minerales. Una disminución de la fotosíntesis, dará lugar a una reducción de la acumulación de carbohidratos, no sólo en el árbol y la carga frutal, sino también en la fruta, potencialmente en la calidad del fruto y su vida útil (Bertling y Bower, 2005). Los efectos del estrés de agua en la calidad de la fruta no se limitan al contenido de agua justo antes de la cosecha, sino también durante el período de desarrollo, tales como los efectos sobre la absorción de calcio y su deposición en el fruto que debe tener lugar durante la fase de división celular temprana (Bower, 1987). Las deficiencias en esta etapa probablemente no pueden ser reparadas más tarde. También se ha encontrado que la fruta sometida a cierto estrés hídrico antes de la cosecha, aparecen más susceptibles a trastornos internos y daño por frío durante el almacenamiento (Bower, 1986). Después de la cosecha y especialmente durante las etapas iniciales de enfriamiento, la fruta pierde agua a la atmósfera circundante. Cuanto mayor es la pérdida de agua y la

temperatura es más baja, mayor podrían ser los daños externos por frío a los encontrados por Bower y Magwaza (2004). Probablemente hay un umbral de contenido de agua en el exocarpio por debajo del cual se produce el estrés, lo que resulta en daños. Baja temperatura más estrés conlleva a daño. A menor agua en el exocarpio al momento de la cosecha, más rápido alcanzará el nivel de umbral cuando se pierde agua durante el enfriamiento. Sin embargo, la fruta no debe estar demasiado turgente al momento de la cosecha, ya que puede resultar en el daño de lenticelas debido a la manipulación. El riego correcto es esencial.

El contenido de agua en la fruta en el momento de la cosecha y la pérdida en postcosecha también parece afectar la tasa de maduración de la fruta. Bower (1985) encontró que la fruta de los árboles sometidos a un riego inadecuado tuvieron un mayor contenido de ácido absísico (ABA) en la cosecha de fruta que de los árboles bien regados (**Figura 2.5**).

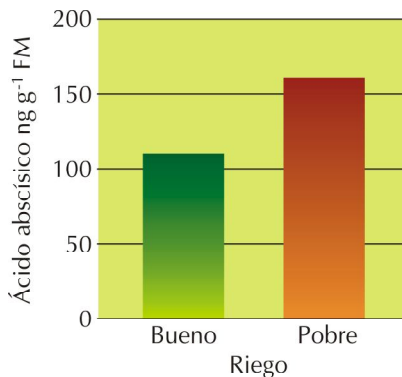


Figura 2.5. Efecto de la irrigación sobre el contenido de ácido absísico en palta.

Un experimento de Blakey, Bower y Bertling (2009) mostró que tanto el agua como ABA tienen un efecto sobre la maduración del fruto. Los frutos fueron tratados mediante la infusión de agua o ABA después de la cosecha, y la tasa de maduración se comparó con la de frutas control no tratadas. El grupo de las frutas control tomó de 8 a 15 días para madurar, mientras que el grupo tratadas con agua tomó de 10 a 12 días y frutas tratadas con ABA, de 8 a 12 días (**Figura 2.6**). Usando espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) los mismos autores fueron capaces de medir el contenido de agua en la fruta a la cosecha y predecir con éxito el número de días de maduración. A partir de este trabajo, parecía que la ABA estimula la maduración, donde el proceso ocurre más rápidamente que en los frutos control sin tratar. La adición de agua disminuyó la velocidad de maduración de algunas frutas dentro del

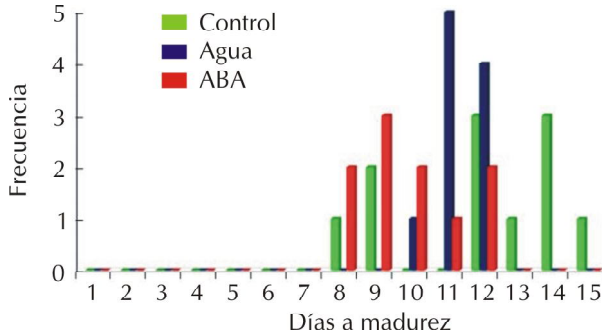


Figura 2.6. Efecto de la infusión de agua o ácido abscísico sobre los días que demoran en madurar según grupos de fruta.

grupo, resultando en una concentración de los días a maduración para el grupo. Se sugiere que mediante la adición de agua, todos los frutos tenían aproximadamente el mismo contenido de agua poco después de la cosecha, y por lo tanto maduraron de una manera similar. Basado en los datos disponibles, se sugiere que una vez que la fruta haya sido cosechada, se produce la pérdida de agua que no puede ser reemplazado. A cierto nivel umbral crítico de contenido de agua, la síntesis de ABA puede ser estimulada, que a su vez estimula la producción de etileno resultante en el inicio de la maduración. Además, el trabajo de Liu *et al.* (2002) indica que azúcares C-7 también pueden desempeñar un papel, al actuar como inhibidores de la maduración, con el inicio de la maduración sólo después de que la concentración disminuye a un cierto nivel umbral después de la cosecha. Por lo tanto, tanto el nivel de azúcares en el fruto y el contenido de agua en el momento de la cosecha son críticos en la determinación de la maduración.

La única manera de manejar las relaciones hídricas de los árboles es por el riego. Trabajos de Bower *et al.* (1978) y Bower (1985) indicaron que basados en la medición del potencial de agua del suelo y su influencia sobre la resistencia estomática y calidad de la fruta, incluyendo la absorción de calcio, trastornos de maduración y la fisiología interna, el riego ideal debe mantener el potencial de agua del suelo entre aproximadamente 35 kPa y 55 kPa.

2.1.5 Poda y reguladores de crecimiento

Otra consideración muy importante para los frutales tropicales y subtropicales es la época de poda. Si la poda o el anillado ocurren en una época en la que promueven el crecimiento vegetativo a expensas del crecimiento del fruto, se puede producir un desbalance del calcio y una reducción del tamaño final del fruto. En paltos 'Hass', Whiley *et al.* (1992) encontraron mayores niveles de calcio durante las primeras ocho semanas de crecimiento del fruto, cuando el crecimiento vegetativo de primavera había sido controlado con el regulador de crecimiento [(2Rs, 3Rs)-1-(4-clorofenil)-4, 4-dimetil-2 (1,2,4-triazolil-1) pentanol-3] (paclobutrazol). Cutting y Bower (1992) demostraron que, bajo las condiciones subtropicales de Sudáfrica, las paltas provenientes de árboles en los que el crecimiento vegetativo había sido controlado mediante poda, tenían mayores niveles de Ca, Mg, K y P a cosecha. Hoffman (2002, datos no publicados) también observó que cualquier tratamiento de poda que estimule el crecimiento vegetativo cerca o durante la cuaja y el crecimiento de los frutos, reduce su calidad y que los reguladores de crecimiento que reducen el crecimiento pueden disminuir estos problemas. En Australia las recomendaciones actuales estipulan que los tratamientos de manejo del dosel de los árboles deben evitar aumentar el crecimiento vegetativo durante el crecimiento del fruto, para no ver afectada la calidad de la fruta.

LITERATURA CITADA

- Arpaia, M. 1990. Estándares para paltas en California. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Curso Internacional Viña del Mar, 2 al 5 de Octubre 1990. Pp N1 - N5
- Bangerth, F. 1979. Calcium related physiological disorders of plants. Annual Review of Phytopathology 17: 97-122.
- Batthey, N.H. 1990. Calcium deficiency disorders of fruit and vegetables. Postharvest News and Information 1: 23-27.

- Bertling, I. and BOWER, J.P. 2005. Sugars as energy sources - is there a link to avocado fruit quality? South African Avocado Growers Association Yearbook 28: 24-27.
- Blakey, R.J., Bower, J.P. and Bertling, I. 2009. Influence of water and ABA supply on the ripening pattern of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit and the prediction of water content using near infrared spectroscopy. Postharvest Biology and Technology 53: 72-76.
- Bower, J.P. 1985. Some aspects of water relations on avocado (*Persea americana* Mill.) tree and fruit physiology. PhD Thesis, University of Natal, South Africa.
- Bower, J.P. 1987. The calcium accumulation pattern in avocado fruit as influenced by long-term irrigation regime. South African Avocado Growers association Yearbook 10: 97-99.
- Bower, J. P. and Cutting, J.G.M. 1988. Avocado fruit development and ripening physiology. Horticultural Reviews 10: 229-271.
- Bower, J.P. Cutting, J.G.M. and Van Lelyveld, L.J. 1986. Long-term irrigation regime as influencing avocado abscisic acid content and quality. South African Avocado Growers Association Yearbook 9: 43-45.
- Bower, J.P. and Magwaza, L.S. 2004. Effect of coatings and packaging on external and internal quality with emphasis on "cold injury". South African Avocado Growers Association Yearbook 27: 51-55.
- Bower, J.P., Wolstenholme, B.N. and De Jager, J.M. 1978. Incoming solar radiation and internal water status as stress factors in avocado (*Persea americana* Mill.) cv Edranol. Crop Production 7: 129-133.
- Brokaw, W. H. 1987. Field experiences with clonal rootstocks. South African Avocado Growers' Association Yearbook 1987. 10:34-36.

- Cajuste, B.J.F.; Saucedo V.C; Colinas L, Ma. T. 1994. Comportamiento postcosecha aguacate cv. 'Hass' en función de la época de corte. *Revista Fito Ciencia Mexicana* 17(1):94-102.
- Connor, A.M., Luby, J.J. and Hancock, J.F. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 50: 893-898.
- Conway, W.S., Sams, C.E., McGuire, R.G. and Kelman, A. 1992. Calcium treatments of apples and potatoes to reduce postharvest decay. *Plant Disease* 76: 329-334.
- Cutting, J.G.M. and Bower, J.P. 1989. The relationship between basipetal auxin transport and calcium allocation in vegetative and reproductive flushes in avocado. *Scientia Horticulturae* 41: 27-34.
- Cutting, J.G.M, Wolstenholme, B.N. and Hardy, J. 1992. Increasing relative maturity alters the base mineral composition and phenolic concentration of avocado fruit. *Journal of Horticultural Science* 67: 761-768.
- Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant, Cell and Environment* 7: 477-489.
- Ferreira, E., R.; Sellés, van Sch. (ed.) 2007. Manejo del Riego y Suelo en Palto. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 160. 120 p.
- Hofman P. J and M. Jobin-Decor 1999. Effect of fruit sampling and handling procedures on the percentage dry matter, fruit mass, ripening and skin colour of 'Hass' avocado *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology* Vol. 74 No: 3 277-282.
- Kremer-Köhne, S., J. S. Köhne and J. M. Schutte. 1993. Effect of potassium, magnesium and nitrogen soil applications on Fuerte avocado fruit quality. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 16:33-36.

- Liu, X., Robinson, P.W., Madore, M.A., Witney, G.W. and Arpaia, M.L. 1999. 'Hass' avocado carbohydrate fluctuations. I. Growth and phenology. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124: 671-675.
- Liu, X., Sievert, J., Arpaia, M.L. and Madore, M.A. 2002. Postulated physiological roles of the seven carbon sugars, mannoheptulose and perseitol in avocado. *Journal of the American society for Horticultural Science* 127: 108-114.
- Meyer, M.D. and Terry, L.A. 2010. Fatty acid and sugar composition of avocado, cv Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-methylcyclopropene to extend storage life. *Food Chemistry* 121: 1203-1210.
- Newett, S.D.E., Crane, J.H. y Balerdi, C.F. 2007. Cultivares y Portainjertos. Pp 155-175. In: AW Whiley, B Schaffer and BNWolstenholme (eds): *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. CABI Publishing Wallingford (Ed), U.K. 364p.
- Penter, M.G., Snijder, B. and Kritzinger, M. 2001. The use of calcium for fruit quality improvement in Pinkerton avocados. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 24: 25-28.
- Snijder, B., Penter, M.G., Mathumbu, J.M. and Kruger, K.F. 2002. Further refinement of 'Pinkerton' export parameters. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 25: 50-53.
- Snijder, B., Mathumbu, J.M and Kruger, F.J. 2003. Development of fruit maturity and mineral content norms for export avocado cultivars from different South African avocado growing regions. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 26: 51-54.
- Tesfay, S.Z. 2009. Special carbohydrates of avocado - their function as "sources of energy" and "antioxidants". PhD Thesis, University of KwaZulu-Natal, South Africa.

- Tesfay, S.Z., Bertling, I. and Bower, J.P., 2010. Anti-oxidant levels in various tissues during the maturation of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 85: 106-112.
- Van Rooyen, Z. 2005. Factors affecting mesocarp discolouration severity in 'Pinkerton' avocados (*Persea americana* Mill.). 2005. PhD Thesis, University of Kwazulu-Natal, South Africa.
- Van Rooyen, Z. and Bower, J.P. 2003. The role of fruit mineral composition, phenolic concentration and polyphenol oxidase activity on mesocarp discoloration in 'Pinkerton'. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 26: 72-82.
- Van Rooyen, Z. and Bower, J.P. 2005. The role of fruit mineral composition on fruit softness and mesocarp discoloration in 'Pinkerton' avocado (*Persea americana* Mill.) *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80: 793-799.
- Witney, G.W., Hofman, P.J. and Wolstenholme, B.N. 1990. Effect of cultivar, tree vigour and fruit position on calcium accumulation in avocado fruits. *Scientia Horticulturae* 44: 279-291.
- Whiley, A. 2001. Interpretación de la fenología y fisiología del palto para obtener mayores producciones. Australian & Zealand Avocado Growers Conference 2001 Bundaberg, Queensland, Australia, June 3rd to June 7th, 2001.