

FACTORES QUE AFECTAN LA POSTCOSECHA DE LA PALTA

Raul Ferreyra,

Ing. Agrónomo M.Sc.

Bruno Defilippi,

Ing. Agrónomo Ph.D.

Gabriel Sellés,

Ing. Agrónomo Dr.

Mary Lu Arpaia,

Ph.D., USA.

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

La estructura del árbol es de tamaño mediano a grande con un crecimiento erecto y copa redondeada. Su fruto es ovalado con peso entre 140 a 400 g aunque en varios países tiende a ser de menor peso, la pulpa se caracteriza por ser cremosa, de sabor excelente y generalmente sin fibra y sobre todo con un alto contenido de aceite. La cáscara es algo coriácea, rugosa, 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, sin embargo la pulpa tiende a volverse harinosa cuando se cosecha muy tarde (Téliz 2000 y Newett *et al.* 2007).

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

Por las características propias de la fruta, incluyendo una alta tasa respiratoria, alta producción de etileno y susceptibilidad a bajas temperaturas, las paltas presentan una vida media en postcosecha de 25 a 55 días. La temperatura es el factor más importante a tomar en cuenta para el almacenamiento de palta, debido a sus efectos sobre los diferentes procesos biológicos que ocurren en la fruta. El principal efecto de someter a bajas temperatura la fruta es reducir el deterioro natural de la misma pero sin causar daño por frío (Paz, 1987). Esta baja temperatura favorece la prolongación de la vida de frutos disminuyendo la velocidad con que se llevan a cabo los procesos que conducen a la maduración y senescencia.

El proceso de ablandamiento de la palta, durante la maduración, es lo más característico que experimenta la fruta. Esto va asociado a cambios en los azúcares y pectatos de calcio que conforman la lamela media, hemicelulosa y celulosa. Las enzimas relacionadas con este proceso son las poligalacturonasas y celulasa (Berger, 1996).

La mayoría de las especies tropicales y subtropicales son sensibles a sufrir deterioro en su condición cuando son almacenadas a temperaturas entre 0 y 12°C, daño conocido internacionalmente como daño por frío o "*chilling injury*" (**Foto 1**).



Foto 1. Daño por frío.

Existe un fino balance entre fruta firme y daño externo por frío, ya que las temperaturas de transporte podrían resultar en fruta blanda a la llegada a destino, mientras que temperaturas muy bajas terminan en fruta con daño por frío.

Los desórdenes fisiológicos corresponden a manifestaciones en el aspecto del mesocarpo, haces vasculares y exocarpo, causados por el almacenaje en frío durante períodos prolongados de tiempo. La magnitud del daño estará en relación con la calidad de la fruta que llegó al almacenaje y las condiciones de almacenaje (Ginsburg, 1985). Los síntomas de frío son claramente evidentes, solamente, cuando la fruta ha alcanzado madurez de consumo, y esto, generalmente, es tarde para efectos de comercialización (Corrales y Tlapa, 1999). Paltas cosechadas a principio de la temporada, con menos del 14% de aceite, son más susceptibles al frío; en cambio fruta con un índice de madurez del 14 al 16% de aceite tiende a tener menos daño (Téliz, 2000).

La deshidratación es uno de los factores más importantes que lideran el deterioro, por lo que la mantención de una alta humedad relativa durante almacenamiento y transporte es utilizado para disminuir la pérdida de humedad. Por lo tanto, similar a otras frutas, el almacenamiento de palta debe considerar almacenajes con humedades de cámara no inferiores al 90% para evitar que la deshidratación de la fruta supere un 5-10%, nivel que no comprometería su valor comercial a pesar de la pérdida de volumen (Berger 1996).

Uno de los problemas que enfrenta la palta chilena en los mercados de destino es la heterogeneidad del producto, principalmente en desarrollo de color externo y 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 recepcionar 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.

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.

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 citados por Arpaia (2004), 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.* citados por Arpaia (2004) 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 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. 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 paltos 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. Asimismo 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 (Atkinson *et al.*, 1980; Poovaiah *et al.*, 1988 Thorp *et al.* 1997; Penter y Stassen 2000) y en segundo lugar por el nitrógeno (Arpaia *et al.* 1995) y el boro (Smith *et al.*, 1997).

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 tra-

bajos 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 a una menor incidencia de pardeamiento de pulpa y bronceado 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 disminución 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. Hofman *et al.* (2002) establecieron una relación indirecta entre la concentración de calcio en la palta Hass y el color de la pulpa a maduración. 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 tardíamente en 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. 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 la 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, el portainjerto.

2.1.3.1.1 Calcio y pardeamiento de pulpa

El pardeamiento de pulpa (**Foto 2**), llamado también pardeamiento interno o decoloración de pulpa, se puede producir por una serie de factores, incluyendo presencia de altas concentraciones de CO_2 durante el almacenamiento, uso de baja temperatura durante almacenaje, edad avanzada de la fruta a cosecha o senescencia de la fruta. Muchos desórdenes, como el pardeamiento de pulpa están relacionados con deficiencia de calcio, que induce fallas en el sistema de membranas celulares. El pardeamiento es resultado de la oxidación de compuestos fenólicos que estaban almacenados en las vacuolas, los que luego de la pérdida de las membranas son oxidados por la acción de la enzima polifenol oxidasa (PPO) presente en el citoplasma (Bangerth, 1976).



Foto 2. Pardeamiento de pulpa.

Hofman *et al.* (2002), reportaron una menor incidencia de pardeamiento de pulpa en palta Hass a mayor contenido de calcio, magnesio y mayor relación $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$. Por otro lado, una alta concentración de fósforo y potasio se correlacionó con una mayor incidencia de este desorden. 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. Respecto al calcio, se ha observado que altas concentraciones de este nutriente reducen el pardeamiento de pulpa y el bronceado vascular (Thorp *et al.*, 1997; Penter y Stassen, 2000). Chaplin y Scott (1980) encontraron que aplicaciones de calcio en postcosecha reducen lesiones cuando la fruta es almacenada a bajas temperaturas.

2.1.3.1.2 Calcio y pardeamiento vascular

En palta 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 3**), después de almacenaje en frío (Du Plessis y Koen, 1988). Por su parte, Thorp *et al.* (1997) observaron en paltas Hass que la concentración de calcio en fruta es un mejor indicador sobre el posible nivel de pardeamiento vascular, que el contenido de calcio, magnesio y potasio en la fruta. De este modo, la fruta con un mayor contenido de calcio presentaría 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).



Foto 3. Pardeamiento Vascular.

En general, la susceptibilidad a desórdenes fisiológicos aumenta al retrasarse la cosecha, como lo señalan Carrillo (1991) y Barrientos (1993).

2.1.3.2 Nitrógeno

El nitrógeno es el nutriente mineral más importante que determina la producción en el palto. Los desajustes en la aplicación de éste pueden generar grandes crecimientos vegetativos en desmedro de la producción (Whiley, 2001). El exceso de nitrógeno va acompañado de un crecimiento vigoroso de los brotes, gran tamaño y coloración verde oscu-

ra de las hojas (excepto los crecimientos nuevos). Esto conduce a árboles excesivamente vegetativos que favorecen la acumulación de carbohidratos y nutrientes en general en los brotes, a expensas de la fructificación.

2.1.3.3 Boro

El boro es un elemento típicamente deficiente en los huertos de paltos, por lo que es clave un cuidadoso control de las aplicaciones para aumentar la producción y mejorar la calidad de la fruta (Wolstenholme, 1999). La deficiencia tendría 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).

2.1.3.4 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 paltos, influye sobre los niveles de polifenol oxidasa medidos en paltos maduros almacenados por 30 días a 5,5°C. Este autor también observó que el déficit hídrico de precosecha influye sobre la capacidad de la fruta de soportar bajos niveles de O₂ y altos niveles de CO₂. La fruta proveniente de árboles con estrés hídrico de precosecha presentan más desórdenes fisiológicos después del almacenaje y madurez, comparada con la fruta de árboles no estresados.

Plantas sometidas a déficit hídrico presentan 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) que 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 será más alto en las zonas donde la evapotranspiración de referencia es mayor (Lahav, 1990).

2.1.3.5 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. Whiley *et al.* (1992) encontraron en paltos Hass 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 el aumento del crecimiento vegetativo durante el crecimiento del fruto, para no afectar la calidad de la fruta.