



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.

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA Nº 307



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

LISTADO DE AUTORES

Mary Lu Arpaia

Ph.D., Universidad de California Riverside
Estados Unidos.

John P. Bower

Ph.D., Especialista en Postcosecha
Canadá.

Jonathan Crane

Ph.D., Universidad de Florida
Estados Unidos.

Bruno Defilippi B.

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
INIA-La Platina.

Raúl Ferreyra E.

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.
INIA-La Cruz.

Pilar Gil M.

Ingeniero Agrónomo, Dr.
P. Universidad Católica de Chile.

Mauricio González A.

Lic. Ingeniería en Biotecnología Mol., Dr.
INIA-La Platina.

Daniela Karlezi Sch.

Ingeniero Agrónomo.

Alejandra Morgan C.

Lic. en Biotecnología
Universidad Andrés Bello.

Amaya Busto R.

Ingeniero en Biotecnología.

Jaime Ortiz V.

Ingeniero Ejecución en Alimentos,
M.Sc. Universidad de Chile.

Sebastián Rivera S.

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.
INIA-La Platina.

Paula Robledo M.

Ingeniero Agrónomo.
INIA-La Platina.

Bruce Schaffer

Ph.D., Universidad de Florida
Estados Unidos.

Jorge Saavedra T.

Ingeniero en Alimentos Dr.
Universidad Católica de Valparaíso.

Gabriel Sellés Van Sch.

Ingeniero Agrónomo, Dr.
INIA-La Platina.

Sylvana Soto A.

Ingeniero Agrónomo, Dr.
INIA-La Platina.

Claudia Troncoso P.

Ingeniero Ejecución en Agronomía
INIA-La Cruz.

Carlos Zúñiga E.

Ingeniero Agrónomo
INIA-La Cruz.

ÍNDICE

Introducción _____	7
Capítulo 1. Variación en los suelos; el clima y manejo de los huertos de palto en Chile _____	9
Capítulo 2. Factores de manejo agronómico que afectan la postcosecha de la palta "Hass" _____	21
Capítulo 3. Tecnologías de postcosecha _____	43
Capítulo 4. Enfermedades de postcosecha de palta _____	69
Capítulo 5. Procedimientos óptimos para la maduración forzada de paltas _____	77
Capítulo 6. Predictores del comportamiento en postcosecha de palta _____	85
Capítulo 7. Sabor en palta "Hass": algo más que sólo aceite _____	103
Capítulo 8. Identificación de factores de precosecha que afectan la composición lipídica y compuestos bioactivos de la palta _____	121

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los rendimientos promedios de los huertos de palto o aguacate (*Persea americana* Mill.) son bajos en comparación con otras frutas de pulpa. Esto se debe principalmente a que para producir frutos de semilla grande y ricos en aceite se requiere de un alto costo en fotosíntesis. En Chile, hay huertos que mantienen producciones estables de alrededor de 25 T/Ha, sin embargo el rendimiento promedio en huertos adultos es de aproximadamente 9 T/Ha. En Chile, los huertos de palto se han plantado en una amplia gama de condiciones de suelo y clima, lo que junto a diferencias tanto en el manejo del cultivo (riego y fertilización) como en la manipulación de la fruta al momento de cosecha, son responsables en gran medida de la alta variabilidad que presenta la fruta en calidad.

En relación a la comercialización de la palta chilena, la mayor proporción de paltas producidas en Chile es destinada a la exportación a mercados distantes en Estados Unidos, Europa, Latino América y Lejano Oriente. En esta línea el mercado de Estados Unidos ha correspondido históricamente al mercado de destino de mayor importancia. Sin embargo la exportación de palta 'Hass', entre las temporadas 2007-2008 a 2012-2013, ha mostrado una disminución considerable a los mercados de Estados Unidos y un aumento sostenido a Europa (**Figura 1**), implicando un mayor desafío técnico por el aumento del tiempo de viaje para llegar al consumidor.

En el mercado de destino la calidad es uno de los factores más importantes para determinar la aceptabilidad de palta a nivel de consumidor y la calidad es percibida por medio de la apariencia, sabor y precio del producto fresco. Siendo primordial contar con un producto de alta uniformidad de color, firmeza adecuada para consumo, ausencia de desórdenes fisiológicos y pudriciones, y de alta duración en mostrador. Sin embargo, tradicionalmente se ha puesto poca atención a la optimización de la calidad de la fruta, tanto durante la cosecha como a

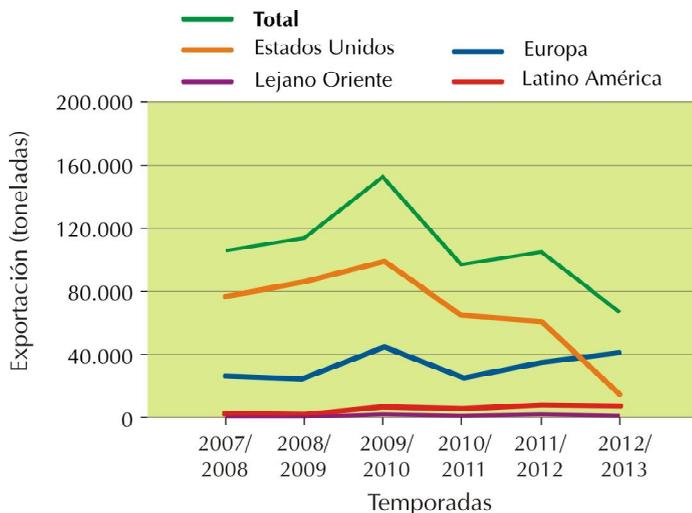


Figura 1. Evolución de las exportaciones de palta 'Hass' a los mercados de Estados Unidos, Europa, América Latina y Lejano Oriente.

Fuente: ASOEX.

lo largo de su manipulación hasta llegar al consumidor. En esta línea, la heterogeneidad de la fruta en destino es una de las principales limitantes en la logística de comercialización y aceptabilidad del consumidor siendo necesario establecer estrategias tecnológicas y de manejo de pre y postcosecha para maximizar la vida útil del producto fresco y minimizar la variabilidad en calidad del producto. Asimismo relacionar exitosamente los efectos de factores de precosecha sobre la calidad de postcosecha corresponde a uno de los principales desafíos de la industria de producción y exportación de paltas.

En este boletín se expondrán los principales factores ambientales, de manejo y fisiología del cultivo que inciden sobre la calidad postcosecha de la palta 'Hass', y se revisarán las principales herramientas tecnológicas de postcosecha para optimizar la calidad, uniformidad y extender la vida postcosecha del producto fresco, considerando la información reportada en la literatura internacional y los principales resultados de los estudios realizados en INIA durante los últimos años.

VARIACIÓN EN LOS SUELOS; EL CLIMA Y MANEJO DE LOS HUERTOS DE PALTO EN CHILE

Raúl Ferreyra E. | Daniela Karlezi Sch.
Gabriel Sellés Van Sch. | Claudia Troncoso P.

1.1. SUELO

Las plantaciones de palto en Chile se encuentran principalmente en dos grupos de tipos de suelos, el primero de ellos son los alfisoles de origen aluvial, textura franca, alcalinos y pobres en materia orgánica. El segundo grupo está representado por suelos de cerros de origen granítico y/o basáltico, de textura franco arcilloso, generalmente carentes de uniformidad y pobres en materia orgánica. Ambos grupos de suelos presentan características físicas y químicas distintas a los andisoles de donde es originario el palto (Anguiano-Contreras *et al.*, 2003).

Los estudios realizados por Nagera *et al.* (2006) en la V Región, donde se concentra más del 80% de las plantaciones de palto, permitieron determinar que el 66,5% de los paltos en la V Región se encuentran plantados en suelo con un pH (en agua) sobre 7,0 y un 48,2% sobre pH 7,5 (**Figura 1.1**). Según Razeto (1993), el palto limita su crecimiento en suelos con pH superior a 7,0. Respecto de esta propiedad química, en la V Región se observan dos situaciones contrastantes: suelos de bajo pH, posiblemente asociados a cerros y plantaciones más recientes; y suelos alcalinos, con problemas de pH, posiblemente asociados a los suelos de los valles y huertos más antiguos. Además, un 10% de la superficie plantada con paltos se encuentra en suelos con altos contenidos de CaCO₃ totales superiores al 5%; y un 6% de la superficie

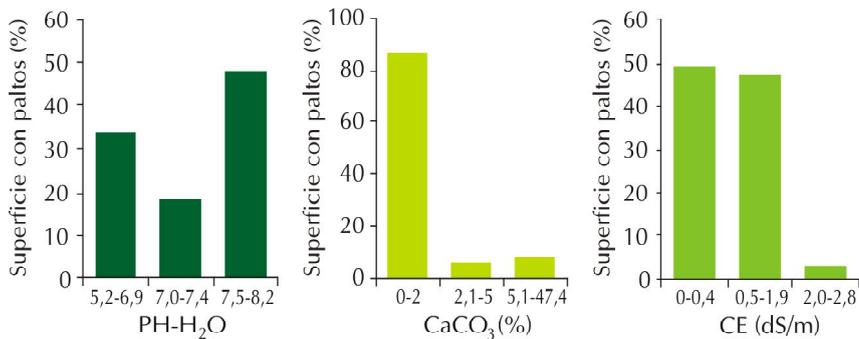


Figura 1.1. Superficie cultivada con palto de acuerdo a tres propiedades químicas de los suelos en la V Región de Chile (pH en el agua, carbonato de calcio (CaCO₃) y salinidad (CE en dS/m)).

plantada se ubican en el rango medio (de 5% a 2%), lo que origina síntomas visibles de clorosis férrica (Razeto, 1993; Gardiazábal, 2004).

En la V Región aproximadamente un 5% de los huertos están plantados en suelo con valores de conductividad eléctrica (CE) superiores a 2 dS/m, que según Ayers y Westcot (1985) podría provocar un 10% de pérdidas de rendimiento.

Respecto a las propiedades físicas del suelo, cerca de un 5% de los huertos plantados con paltos presenta un contenido de arcilla igual o superior al 40% y solo un 4,0% presenta una densidad aparente (Da) menor a 1 g/cm³ (**Figura 1.2**).

El 81% de la superficie plantada presenta clase textural con un contenido de arena menor al 50%, y ninguno de los suelos supera el 40% de capacidad de aire (volumen de aire del suelo a 0,33 atmósfera) y más de la mitad se encuentra en un rango entre 8,3% y 20%. Ferreyra *et al.* (2005), indican que el palto para desarrollarse en forma adecuada requiere de un porcentaje de aire en el suelo del orden del 27%.

En la **Figura 1.3**, se presenta la capacidad de aire del suelo de 42 huertos de paltos en los valles de la zona central de Chile, donde se puede observar que los valores son similares a las reportadas por Nagera *et al.*

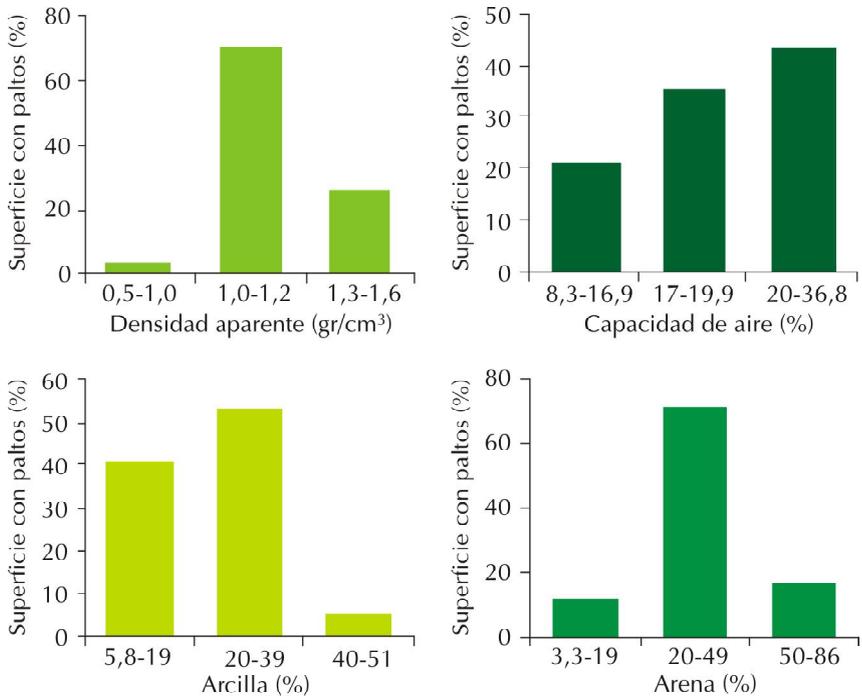


Figura 1.2. Superficie cultivada con palto respecto a cuatro propiedades físicas de los suelos en la V Región de Chile.
* Da: Densidad aparente

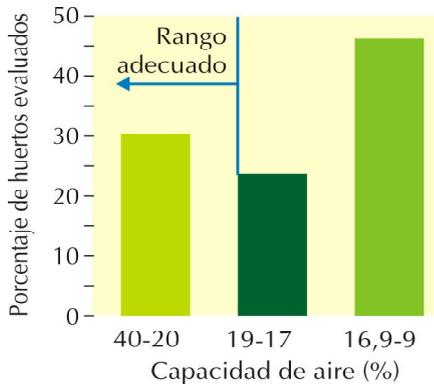


Figura 1.3. Capacidad de aire de 42 huertos en los valles del Río Maipo, Aconcagua, Ligua y Petorca.

(2006). Asimismo, se observa que aproximadamente el 70% de los huertos evaluados presenta niveles de capacidad de aire inferiores a 20%.

En el **Cuadro 1.1** se presentan las características físicas y químicas de las principales series de suelo en que se encuentran los cultivos en la V Región, las cuales representan el 70% de la superficie total de las plantaciones de palto en esta zona.

Cuadro 1.1. Características físicas y químicas de las principales series de suelos donde se cultiva el palto en la Región de Valparaíso.

Nombre Serie	Superficie ha	pH H ₂ O	CaCO ₃ %	Da d/cm ⁻³	Capacidad			
					de aire %	C E dS/m	Arcillas %	Arena %
As Challay	2.122	5,8	0,0	1,15	22,3	0,1	18,1	43,7
Ocoa	1.423	7,5	0,0	1,16	18,9	1,4	21,6	35,6
Chagres	728	7,2	0,0	1,10	20,2	0,1	30,7	25,2
Hijuelas	647	7,5	0,0	1,13	18,7	1,5	20,8	29,4
Lo Vásquez	610	6,7	0,0	1,40	16,2	0,3	14,8	55,8
Calera	431	8,2	2,8	1,21	17,8	0,7	20,4	31,3
Pullalli	407	7,2	0,0	1,00	23,4	0,5	30,8	13,6
Encón	385	7,6	0,0	1,60	13,5	0,3	5,8	74,8
Calle Larga	351	6,6	0,0	1,16	18,3	0,1	23,3	28,6
San Isidro	320	7,8	6,0	0,96	24,8	1,0	35,0	20,5
La Ligua	311	7,6	0,0	1,17	17,5	0,6	30,4	24,3
As La Parva	300	7,5	0,0	1,02	16,6	0,2	50,5	16,8
Hualcapo	285	7,6	0,0	1,45	15,0	1,6	8,4	67,3
Milagro	269	7,8	0,0	1,45	15,5	0,8	9,2	69,3
Putando	250	7,2	0,0	1,06	22,9	0,9	23,9	25,6
Catemu	241	7,3	0,0	1,30	16,6	2,0	17,1	43,1
Pataguas	199	8,0	3,5	1,10	21,4	1,4	22,0	20,4
Cristo Redentor	195	6,4	0,0	1,16	17,8	0,1	30,2	25,1
Pocuro	189	6,7	0,0	1,19	21,3	0,1	18,0	40,8
Lo Campo	168	8,0	47,4	1,07	18,8	1,3	33,8	19,5
Sta. Rosa de Casablanca	156	5,6	0,0	1,35	20,1	0,2	7,5	76,3
Colunquén	139	8,2	44,7	1,05	19,2	0,5	37,0	11,9
San Lorenzo	124	7,8	0,0	1,07	24,3	1,0	22,3	44,0
As la Manga	101	7,4	0,0	1,17	21,1	0,2	32,1	46,9

Adaptado de CNR (1979), SAG (2002).

Los datos obtenidos de los estudios de suelo, si bien no representan todas las variaciones que pueden existir dentro de las series, muestran un valor referencial de las características físicas y químicas presentes en los suelos.

Las nuevas plantaciones de palto en Chile se han realizado principalmente en laderas de cerro, donde generalmente se presentan condiciones heterogéneas de textura y profundidad efectiva de suelo (desde 30 cm a 1,5 m). El material parental de los cerros de la zona central es de origen granítico y basáltico, por lo tanto son suelos con texturas arcillosas en su mayoría. Además, se presentan pendientes que varían desde 15% a más de 100% (Ferreira *et al.*, 2001).

1.2. CLIMA

Los paltos en la zona central de Chile están plantados principalmente en los valles del Río Maipo, Aconcagua, La Ligua y Petorca (**Figura 1.4**).

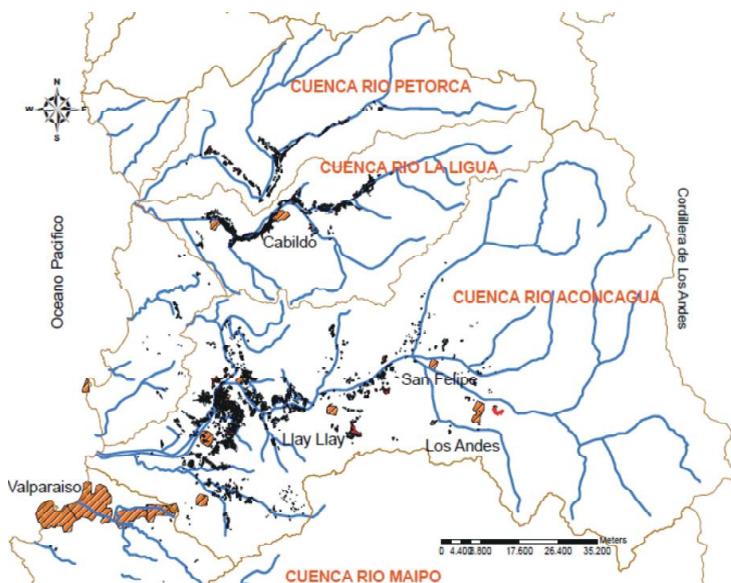


Figura 1.4. Huertos de paltos (puntos negros) en los valles de Río Maipo, Aconcagua, La Ligua y Petorca.

Estos valles nacen en la Cordillera de los Andes y terminan en la costa (Océano Pacífico). Las plantaciones de paltos, como se observa en la Figura 1.4, se distribuyen a lo largo de los valles. Por lo cual hay plantaciones en zonas muy cercanas al mar (70 m.s.n.m) y otras muy cerca-

nas al inicio de la Cordillera de los Andes a 1.300 m.s.n.m. De esta manera, las condiciones climáticas de los huertos son muy variables. A modo de ejemplo en la **Figura 1.5** se presenta como varía la evapotranspiración potencial (ETo) a lo largo y entre los valles de la

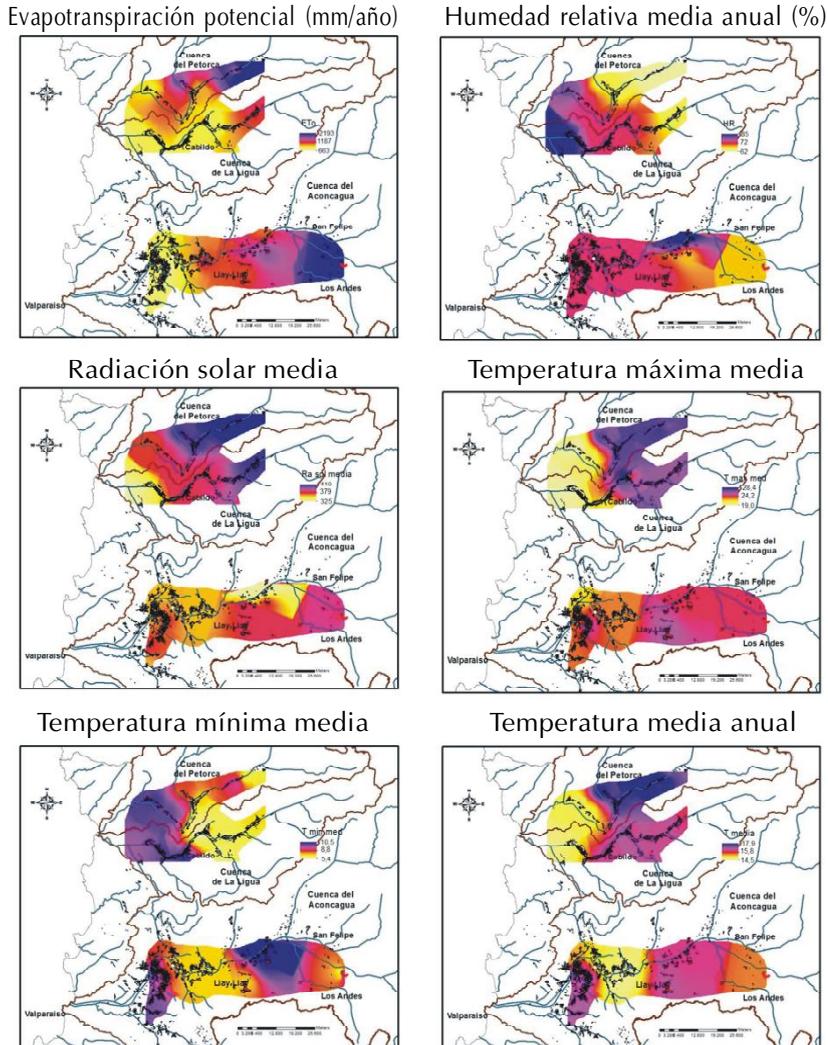


Figura 1.5. Variación de la ETo (mm/año), humedad relativa, radiación y temperatura en 42 huertos de paltos en los valles del Aconcagua, La Ligua y Petorca.

zona central. Asimismo, en la Figura 1.5 se observa que la ETo anual puede llegar a 1.700 mm/año en las zonas más altas y en las zonas costeras los valores son bastante menores, cercano a los 700 mm/años.

En las **Figuras 1.6a** y **1.6b** se presentan datos climáticos de 42 huertos de paltos en los valles de la zona central ubicados entre la parte alta media y baja de los valle de Aconcagua, La Ligua y Petorca. También se puede observar en estas figuras que en las zonas cercanas a la costa, de menor altura respecto al nivel del mar, la sumatoria de días grados en base a 13°C y la radiación solar son menores que en las zonas interiores de los valles. Esto es en gran medida la razón porque los huertos de la costa alcanzan madurez de consumo aproximadamente 55 días más tarde que los huertos de la zona media-alta de los valles.

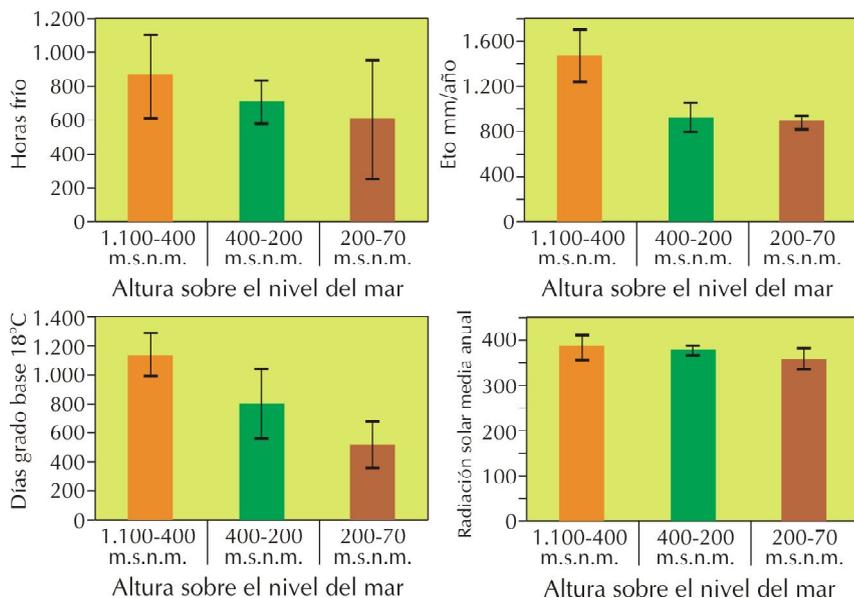


Figura 1.6a. Variación climática en los valles del Maipo, Aconcagua, La Ligua y Petorca respecto a la altura sobre el nivel de mar.

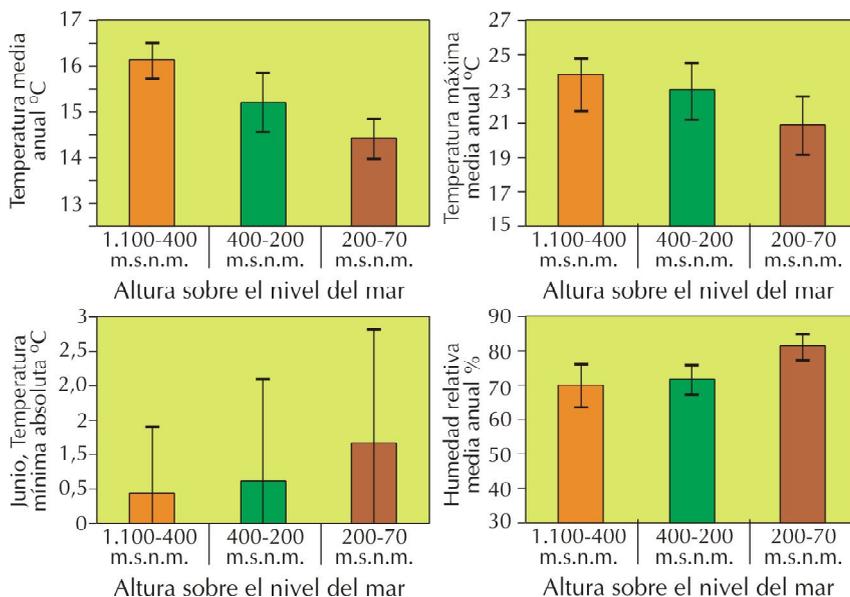


Figura 1.6b. Variación climática en los valles del Maipo, Aconcagua, La Ligua y Petorca respecto a la altura sobre el nivel de mar.

1.3 ESTADO NUTRICIONAL DE LOS HUERTOS

Otro elemento de variación en los huertos son los diferentes manejos que se aplican (poda, densidad de plantación, regulación del crecimiento, riego y nutrición), que afectan el nivel nutricional de la fruta a cosecha. En las **Figuras 1.7a** y **1.7b** se presentan los niveles nutricionales foliares (marzo) de 42 huertos evaluados durante tres temporadas en los valles de Petorca, La Ligua, Aconcagua y Maipo. De esta información se desprende que hay una gran variación en los niveles nutricionales foliares. A modo de ejemplo los niveles de nitrógeno muestran que cerca del 30% de los huertos tiene niveles foliares sobre el 2,13%, un 50% de los huertos entre 1,69% y 2,13% y cerca de un

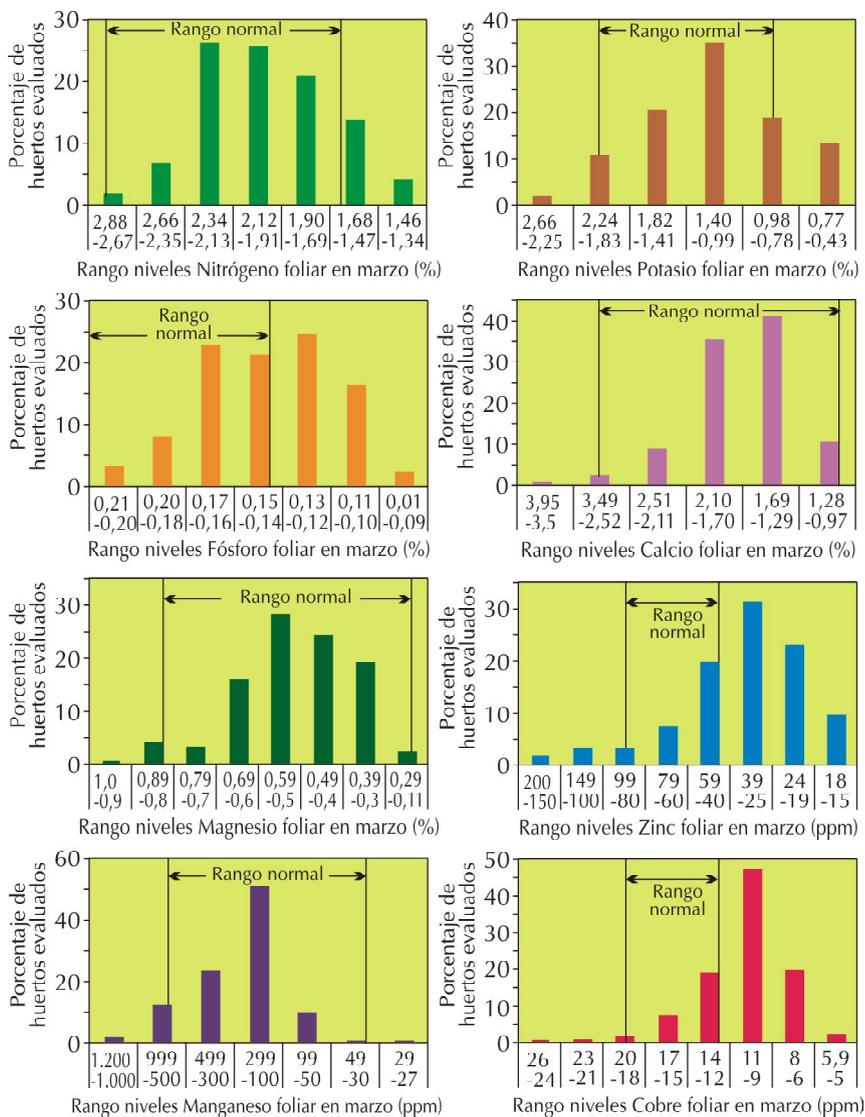


Figura 1.7a. Niveles nutricionales foliares de N, K, P, Ca, Mg, Zn, Mn y Cu medidos en marzo, en 42 huertos de paltos durante 3 temporadas.

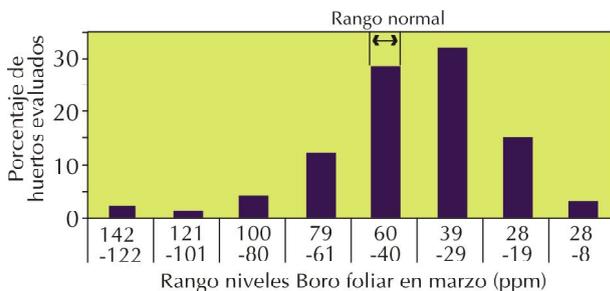


Figura 1.7b. Niveles nutricionales foliares de B medidos en marzo en 42 huertos de paltos durante 3 temporadas.

20% de los huertos presentan valores inferiores a 1,68%. También se observa que en un número significativo de huertos los niveles foliares de K, P y B están bajo los estándares normales reportados para esta especie por Emblenton y Jones (1964), Lahav y Kadman (1980) y Whiley *et al.* (1996).

En la **Figura 1.8** se presenta la variación de los niveles de nutrientes en la fruta (pulpa), a cosecha, de 42 huertos durante 3 temporadas. La cosecha se realizó cuando la fruta tenía en promedio un nivel de materia seca del 25,8%, la cual tuvo una desviación estándar de 2,8. Se puede observar que al igual que los niveles foliares, los niveles en la fruta presentan una gran variación. A modo de ejemplo, se puede ver en la Figura 1.8 que los niveles en nitrógeno varían entre 2,1% y 0,58%, el potasio entre 3,4% y 0,9%, el fósforo entre 0,3% y 0,09% y el calcio entre 0,13% y 0,02%. Cerca del 25% de los huertos evaluados se encuentran con niveles de nitrógeno en pulpa a la cosecha entre 2,1% y 1,3% y un 40% con valores de calcio entre 0,06% (0,05% y 0,02%).

En la **Figura 1.9** se presenta la relación entre el agua aplicada y el agua requerida en los 42 huertos durante tres temporadas. El agua requerida se estimó a partir de la evapotranspiración de referencia (Eto) y el coeficiente del cultivo del palto (0,75).

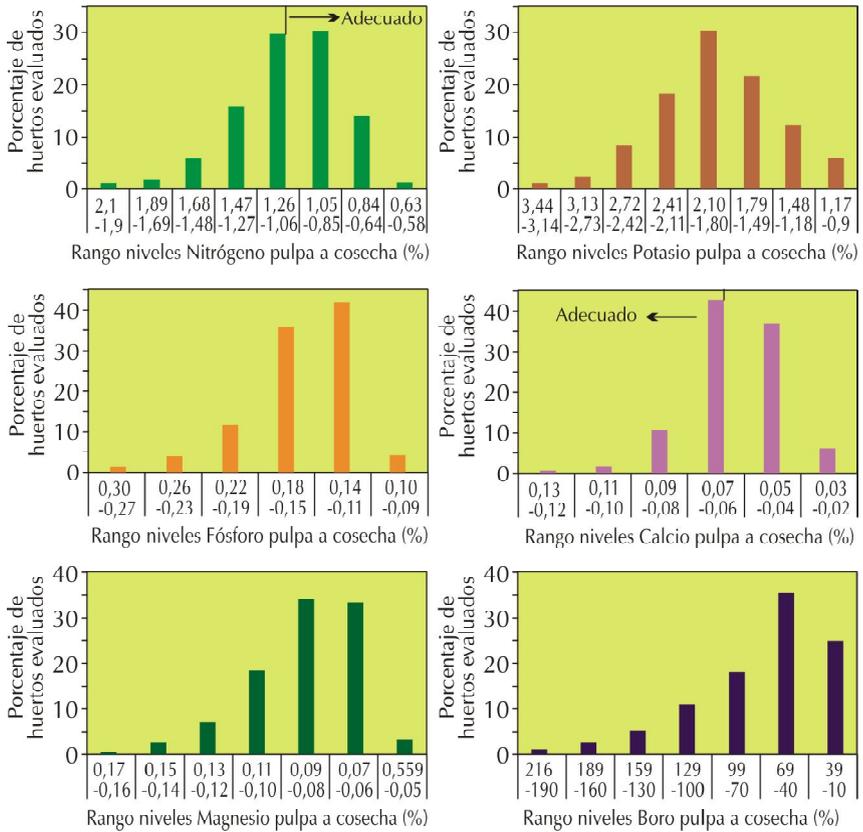


Figura 1.8. Niveles de nutrientes en la fruta (pulpa) medidos a cosecha, en 42 huertos de paltos durante 3 temporadas (materia seca a cosecha promedio 25,8%).

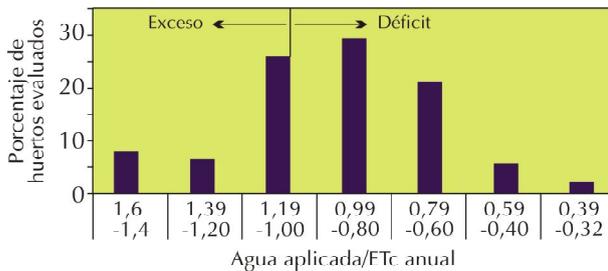


Figura 1.9. Reposición de los requerimientos hídricos en 42 huertos de paltos durante 3 temporadas.

LITERATURA CITADA

- Anguiano-Contreras, J., Coria-Avalos, V. M. Ruíz-Corral, J.A., Chávez-León, G., y Alcántar-Rocillo, J.J. 2003. Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate *Persea americana* cv. "Hass" en Michoacán, México. Actas V Congreso Mundial del Aguacate. 323-328.
- Ayers, R.S., and Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 29 rev. 1. Roma, Italia.
- Ferreya, R., Peralta, J. M., Sadzawka, M. A., Muñoz, C., y Valenzuela, J. 2001. Efecto de la acidificación del sustrato y del agua de riego en la nutrición, desarrollo y producción de arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade). Agricultura Técnica, Chile. 61(4): 453-458.
- Ferreya, R., Selles, G., Maldonado, P., Celedón, J., y Torres, A. 2005. Efecto de la macroporosidad y atmósfera del suelo en el estado hídrico del palto. 56º Congreso Agronómico de Chile. Octubre 11-14, 2005. Chillán. Chile.
- Gardiazabal, F. 2004. Riego y Nutrición en Paltos. 2º Seminario Internacional de Paltos. 29 Septiembre. 1 Octubre, 2004. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Quillota, Chile.
- Nagera, F. 2006. Caracterización de suelos alcalinos cultivados con paltos (*Persea americana* Mill) en la V región de Chile y aplicación de ácido sulfúrico como corrector de pH. 41 p. Tesis, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Agronomía, Santiago, Chile.
- Razeto, B. 1993. La Nutrición Mineral de los Frutales, Deficiencias y Excesos. SOQUIMICH, Santiago. Chile. 96 p.

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

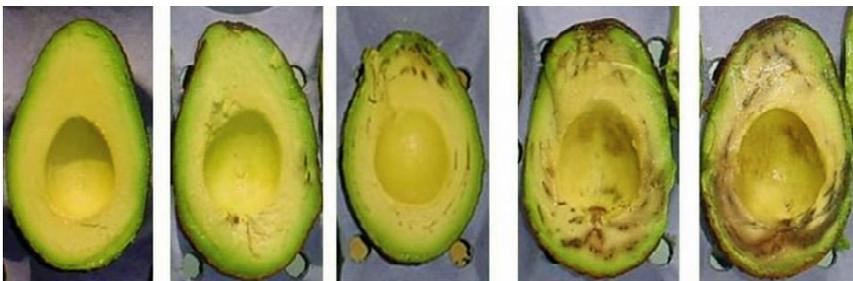


Foto 2.2. Distintos niveles de pardeamiento vascular en palta cv. 'Hass'

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

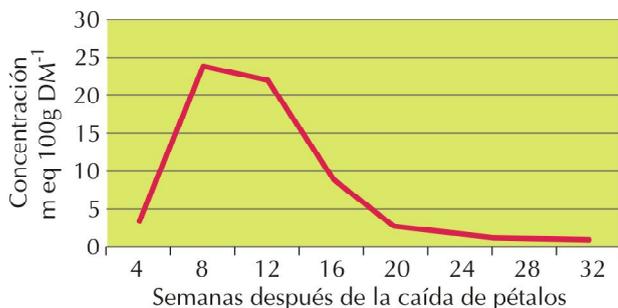


Figura 2.1. Cambios en la concentración de calcio durante el desarrollo de la fruta

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

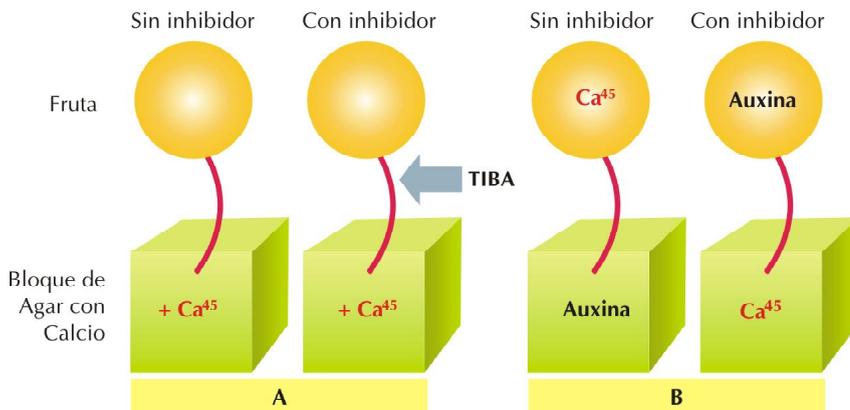


Figura 2.2. Diagrama que muestra el rol que juega el transporte de auxina en la absorción de calcio.

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,

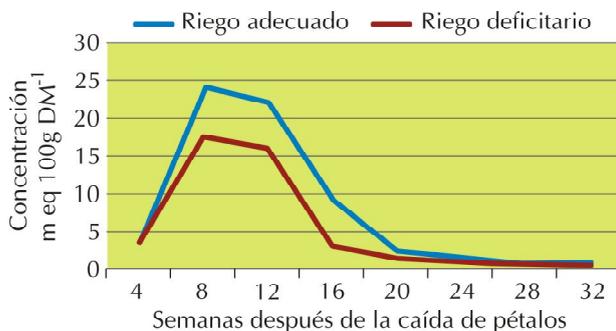


Figura 2.3. Efecto de la irrigación sobre la concentración de calcio durante el desarrollo de la fruta.

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.

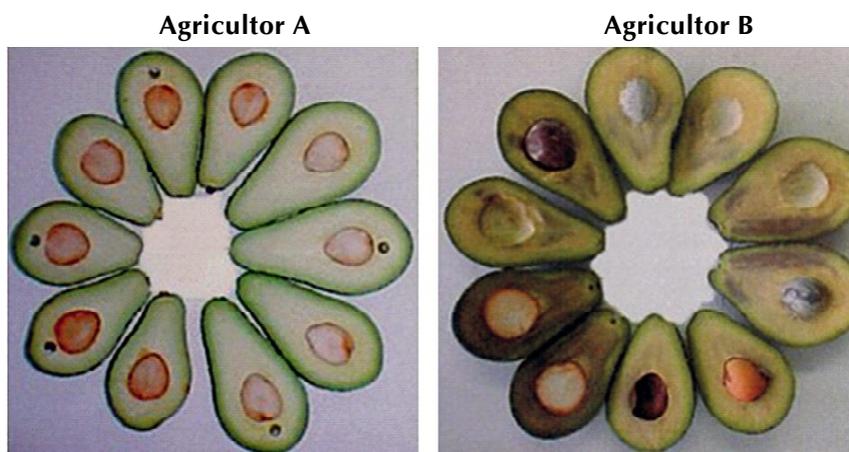


Figura 2.4. Efecto del nitrógeno de la fruta sobre la calidad. Fruta del productor A contiene bajo nivel de nitrógeno y productor B alto nivel de nitrógeno.

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**).

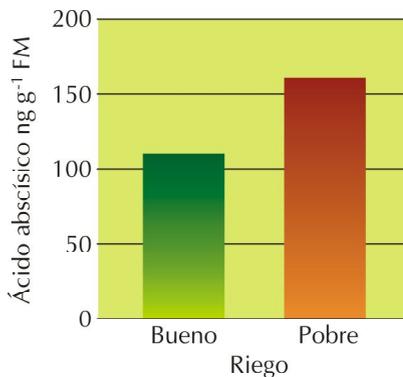


Figura 2.5. Efecto de la irrigación sobre el contenido de ácido absísico en palta.

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

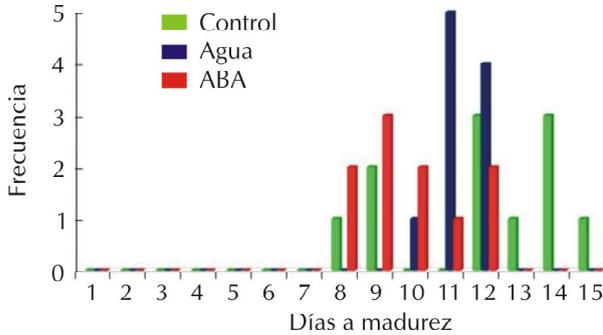


Figura 2.6. Efecto de la infusión de agua o ácido abscísico sobre los días que demoran en madurar según grupos de fruta.

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.

TECNOLOGIAS DE POSTCOSECHA

Bruno Defilippi B. | Sebastián Rivera S.
Paula Robledo M. | Raúl Ferreyra E.

3.1. HETEROGENEIDAD DE LA CALIDAD Y CONDICIÓN DE PALTAS

La producción de palta y en general de la fruta chilena está condicionada a la venta en mercados de destino distantes como Estados Unidos y Europa. En general, la palta tiene una vida de postcosecha media (30-50 días) determinada por ciertas características de la fruta como son la alta tasa respiratoria y de producción de etileno y la alta susceptibilidad a daño por temperaturas inferiores a 4-5°C. La heterogeneidad de la fruta en términos de calidad y condición es uno de los principales factores que limitan la comercialización de palta 'Hass' en los mercados destinos de exportación desde Chile. La heterogeneidad del producto se manifiesta tanto en las características externas (Ej. color de la epidermis), como en las características de maduración (Ej. tiempo necesario para alcanzar la madurez de consumo). Además del desarrollo de problemas de condición durante el almacenaje y transporte como es la deshidratación excesiva, el desarrollo de desórdenes como pardeamiento de pulpa y externos, ocasionados tanto por el uso de bajas temperatura o por la senescencia de la fruta, el cambio en sabor y la presencia de pudriciones. Esta situación, a pesar de ser observada al momento de la recepción, tiene un gran efecto en el consumidor final al no poder disponer de un producto de madurez uniforme.

Como consecuencia, muchas veces existe un costo extra asociado al momento de recibir un embarque con fruta desuniforme en sus características, pero más importante aún, existe el riesgo de llegar con fruta muy heterogénea a nivel de consumidor sin cumplir las expectativas de calidad de este producto. Las causas que afectarían esta hetero-

geneidad van desde diferencias entre la edad fisiológica de las paltas, dado por el largo período de floración de la especie, hasta el efecto de los factores de precosecha, como clima, suelo o manejo cultural. Si bien la etapa de cosecha es importante para poder clasificar la fruta, durante las labores de embalaje de palta solamente es posible realizar una segregación automatizada de la fruta basada en aspectos externos de calidad, como color y tamaño (calibre). Sin embargo, hasta la fecha no existe para la palta un instrumento, índice o metodología en precosecha o postcosecha que permita segregar en forma eficiente lotes de acuerdo a su capacidad de almacenamiento (**Figura 3.1**).

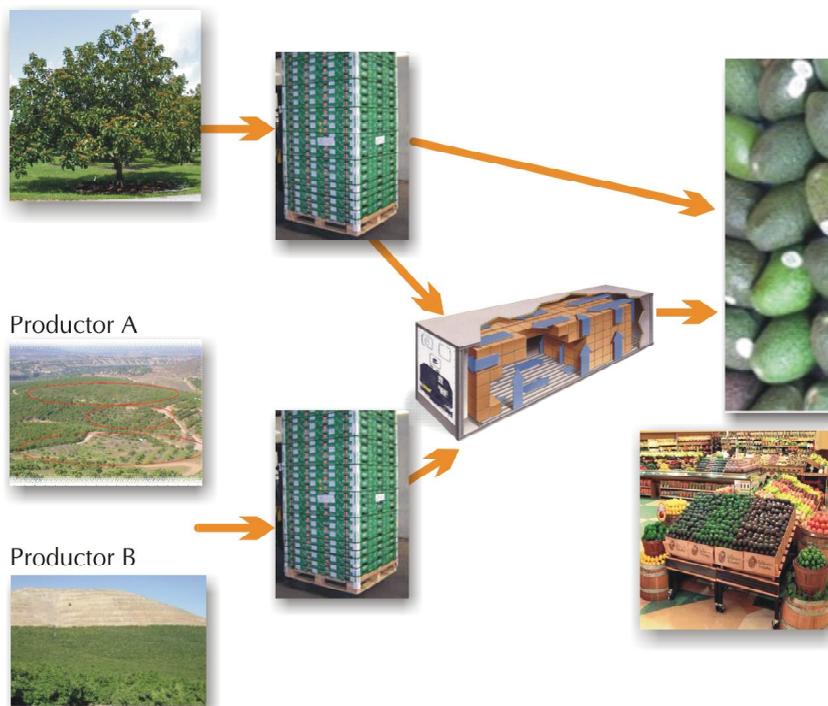


Figura 3.1. Origen de la heterogeneidad a nivel de consumidor en paltas.

Debido a la importancia de tratar de entender y potencialmente manejar la heterogeneidad de la fruta, en la Unidad de Postcosecha INIA-La Platina se cuantificó la magnitud de la variabilidad en los distintos atributos de calidad y condición de la palta chilena. Con este propósito, se

caracterizó durante 3 años la vida de postcosecha de fruta proveniente de 42 huertos, que se diferenciaban en variables de clima, suelo y manejo cultural. Una vez cosechada la fruta, se almacenó por 25, 35 y 45 días a 4-5°C y para cada período se realizó una simulación de comercialización hasta que la fruta alcanzara madurez de consumo. Las variables de calidad y condición medidas incluyeron color de epidermis, firmeza de pulpa, días a madurez de consumo y desórdenes fisiológicos, entre otros. En la **Figura 3.2** se presentan los valores promedio y la variabilidad (desviación estándar) de la fruta estudiada (42 huertos), en cuanto a parámetros de postcosecha (firmeza de la fruta,

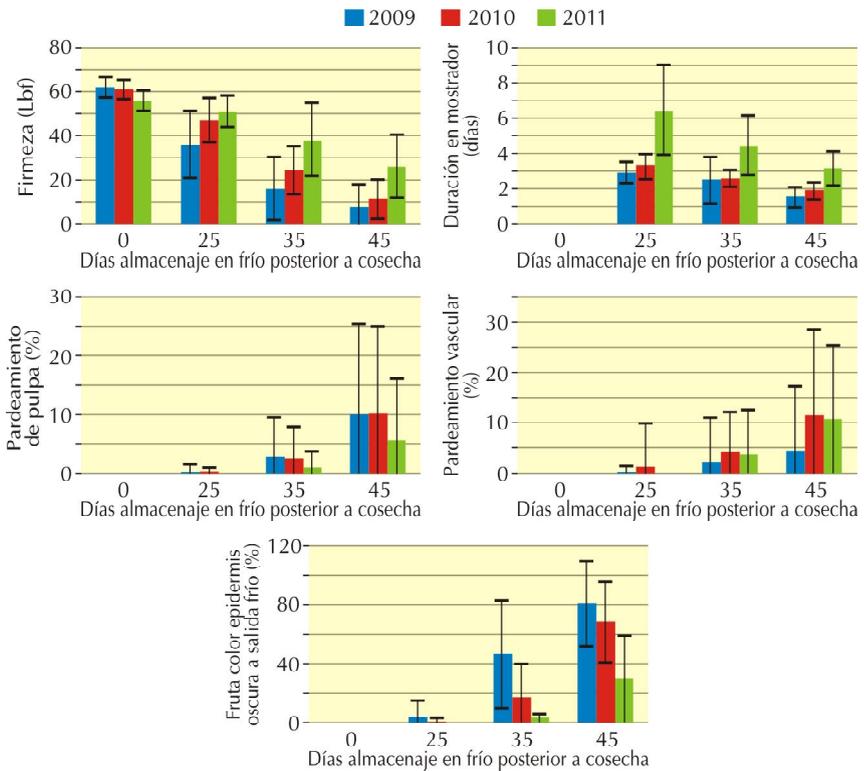


Figura 3.2. Valores promedio y variabilidad (desviación estándar) de la fruta estudiada (42 huertos), en cuanto a parámetros de postcosecha (firmeza, viraje de color, pardeamiento de pulpa, pardeamiento vascular y duración en mostrador) en tres temporadas.

% Color 4, 5 corresponde a fruta virada a negra a la salida de frío;

%color 1, 2 y 3 corresponde a fruta verde a la salida de frío

cambio de color, pardeamiento de pulpa y días a madurez de consumo). Por otra parte, se observa que la fruta en general presenta una buena postcosecha cuando el almacenaje en frío es sólo de 25 días. Debido a esto, los análisis de la información se concentrarán en la postcosecha de fruta almacenada por 35 y 45 días. En la Figura 3.2 se puede observar que la firmeza de la fruta a la salida de frío está relacionada con la variación de color a la salida de frío y la duración en mostrador.

3.1.1. Materia seca

Un atributo de la fruta muy apreciado por el consumidor es la calidad organoléptica de la fruta, la cual está relacionada directamente con el contenido de aceite que ésta tenga, medida a través de la materia seca. En la **Figura 3.3** se observa que los huertos de la costa alcanzan el 23% de materia seca requerido para cosechar la fruta aproximadamente 55 días más tarde respecto a los de la zona media alta de los valles. Los valores presentados en la Figura 3.3 son el promedio de aproximadamente 50 frutos, los cuales presentan una variabilidad importante representada en este caso por la desviación estándar. La diferencia en materia seca entre las zonas costeras e interiores se debe a las diferencias climáticas (radiación, temperatura, evapotranspiración potencial, amplitud térmica, entre otras) que están relacionadas con la altitud de la zona respecto al nivel del mar. En la **Figura 3.4** se puede observar

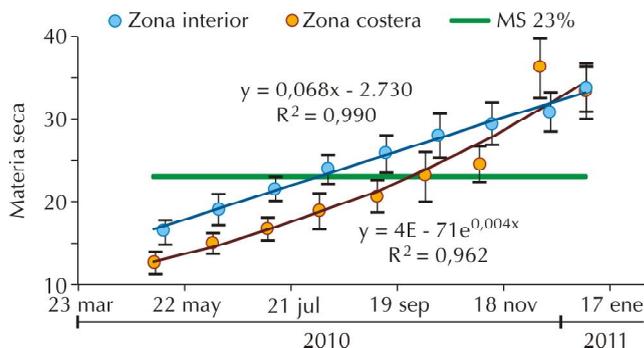


Figura 3.3. Evolución de la materia seca en dos huertos de palta 'Hass' sobre patrón Mexícola.

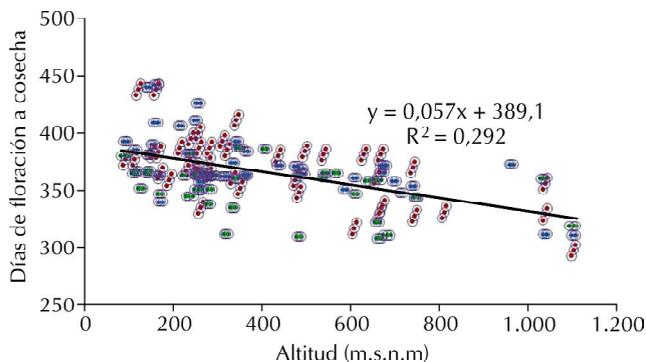


Figura 3.4. Relación entre los días de floración a cosecha y altitud en 42 huertos durante tres temporadas (verde: temporada 2009; rojo: temporada 2010 y azul: temporada 2011).

que aproximadamente el 30% de la variación de días en lograr la materia seca está definida por las características climáticas de la zona de cultivo. Otras razones de esta diferencia pueden ser atribuidas a manejo (nutrición nitrogenada, poda, edad del huerto, densidad de plantación, entre otras). De acuerdo a lo esperado, nuevamente se observó una importante diferencia entre sitios lo que nuevamente está condicionado a las características de cada huerto o situación.

3.1.2. Firmeza de pulpa

Si bien la medición de firmeza de pulpa a cosecha no es una variable ampliamente utilizada por la industria chilena, al menos hasta ahora, si puede ser considerada un parámetro más que contribuye a establecer el potencial de almacenamiento de la fruta. En general se observó que al momento de cosecha existió una baja heterogeneidad entre los sitios o huertos, concentrándose principalmente en la categoría de fruta muy firme (>50 Lbf) (**Figura 3.5**). Sin embargo, a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento o envío desde 25 a 45 días, esta homogeneidad inicial desaparece dando lugar a una mayor heterogeneidad entre sitios, ubicándose entre rangos muy bajos de firmeza (<10 Lbf) hasta la categoría firme (cercana a 40 Lbf). En años de paltas con menor potencial de almacenamiento, puede existir una disminución en la heterogeneidad pero concentrada en las categorías de fruta blanda lo cual corresponde a una fruta de difícil manejo en destino.

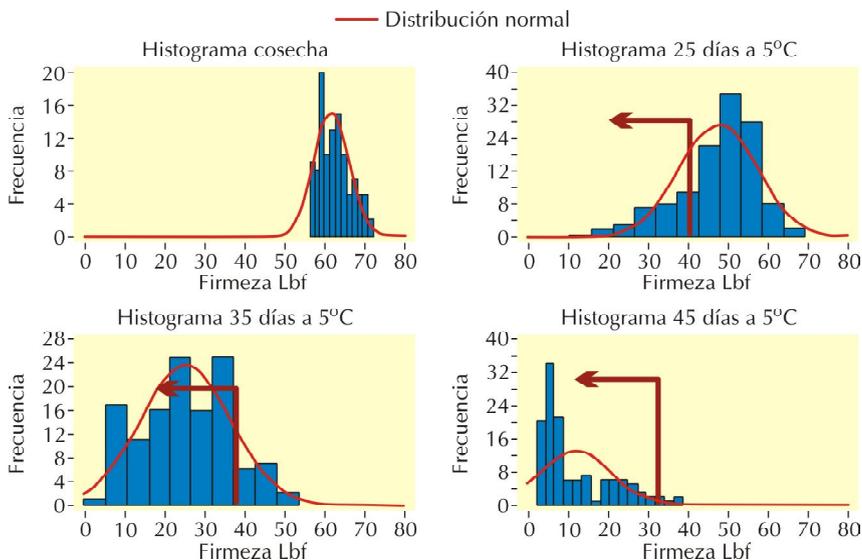


Figura 3.5. Distribución de firmezas en fruta proveniente de 42 huertos durante la temporada 2009-2010. Las paltas se almacenaron por 25, 35 y 45 días a 4-5°C.

3.1.3. Color de epidermis

Como se sabe, una de las preferencias del consumidor por palta 'Hass' es el cambio de color verde a pardo/negro que sufre la fruta a medida que madura, siendo un importante indicador del estado de madurez de la fruta. Sin embargo, al momento de llegar la fruta a destino, quizás es este atributo el que más evidencia el nivel de heterogeneidad de la fruta en la caja, pallet o contenedor. La falta de homogeneidad en este atributo es conocida como "tablero de ajedrez" o "checkerboard" (término en inglés) y quizás es el más reconocido por la industria en toda la cadena de comercialización (**Foto 3.1**). En general, una palta a cosecha no presenta problemas en este atributo ya que incluso es posible hacer una selección a nivel de "packing". Por ejemplo, como se observa en la **Figura 3.6**, el 100% de las paltas pueden ser clasificadas como verdes. Sin embargo, a medida que aumenta el período de almacenaje o envío, comienza a manifestarse la heterogeneidad en el desarrollo de color del producto, con fruta prácticamente en distintos niveles de porcentaje de color verde. Esto es muy característico, ya que en la palta el



Foto 3.1. "Tablero de ajedrez" o "checkerboard".

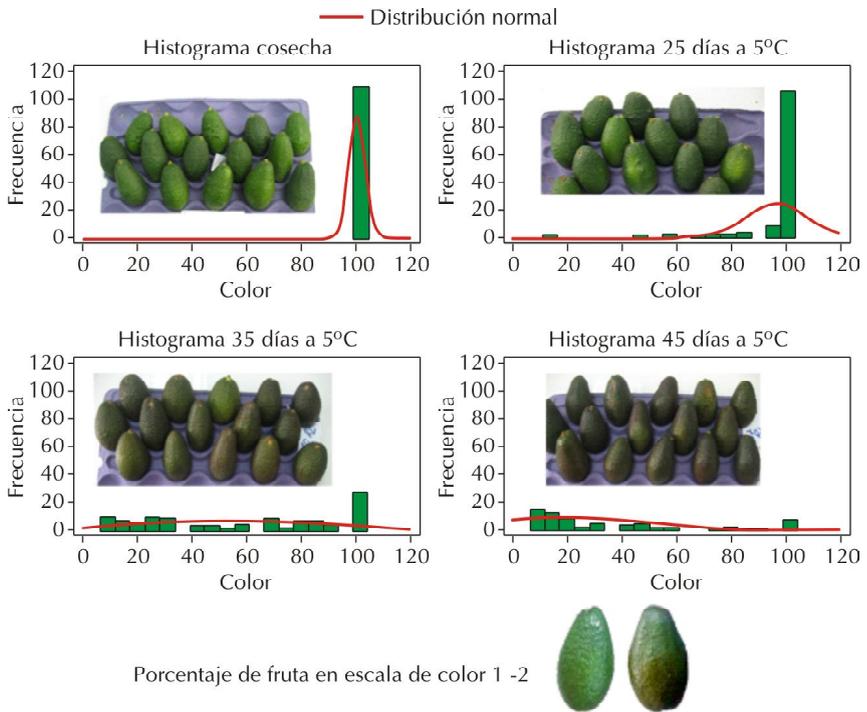


Figura 3.6. Histograma de frecuencia del porcentaje de paltas, en escala de color 1-2, obtenidas desde 42 huertos durante la temporada 2009-2010. Las paltas se almacenaron por 25, 35 y 45 días a 4-5°C.

color inicial de la fruta no es un indicador del nivel de madurez de la fruta y menos del potencial de almacenamiento. Similar a lo observado para firmeza, un período de envío más extenso, o en fruta con menor potencial de almacenamiento, se puede presentar una menor heterogeneidad pero con paltas en avanzado estado de color.

3.1.4. Pardeamiento de pulpa

De los desórdenes fisiológicos evaluados, el pardeamiento de pulpa fue quizás uno de los más importantes, a pesar que en general la fruta no presentó grandes problemas por provenir de cosechas de inicio a media estación. Es posible señalar, que en general y similar a lo observado en las variables ya descritas, con el aumento del período de almacenamiento/envío de la fruta, se observa un aumento en la heterogeneidad en el desarrollo de desórdenes.

3.1.5. Tiempo a madurez de consumo

Quizás un atributo de la fruta muy apreciado por el consumidor y no siempre considerado por el comercializador, es el tiempo en que la fruta se demora en ablandar y desarrollar las características propias de una fruta lista para el consumo. En general, para gran parte de las frutas, incluyendo la palta, a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento/envío, disminuye el tiempo en alcanzar madurez de consumo, lo que se refleja en la **Figura 3.7**. De acuerdo a lo esperado, nue-

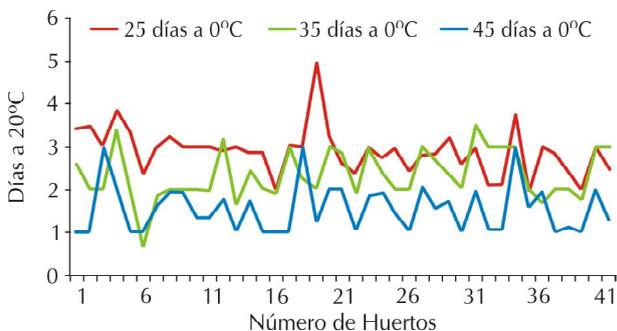


Figura 3.7. Tiempo a madurez de consumo en paltas almacenadas por 25, 35 y 45 días a 4-5°C y obtenidas desde 42 huertos durante la temporada 2009-2010.

vamente se observó una importante diferencia entre sitios, lo que nuevamente está condicionado a las características de cada huerto o situación. Por ejemplo, para 25 días de almacenamiento, hay fruta que madura en 5 días y otras prácticamente en 2 días.

3.2. TECNOLOGÍAS DE POSTCOSECHA

Con el objetivo de extender la vida útil de paltas 'Hass', minimizando el riesgo de rechazo comercial y reduciendo la heterogeneidad en la calidad y condición del producto, se han estudiado a nivel mundial y en la Unidad de Postcosecha INIA-La Platina un gran número de tecnologías de postcosecha. Entre las que destacan el manejo de la temperatura, la atmósfera controlada y modificada, el uso de 1-metilciclopropeno y el enfriamiento progresivo o *stepwise cooling*. Para el uso de las diferentes tecnologías propuestas, será importante conocer además de los beneficios de las diferentes tecnologías, las limitaciones (técnicas y comerciales) y los riesgos (efectos negativos en la calidad del producto) en la implementación bajo diferentes condiciones de manejo y madurez fisiológica de palta 'Hass'.

3.2.1. Temperatura y humedad relativa de almacenaje

La elección de la correcta temperatura de almacenaje, y el tiempo de exposición a esta temperatura, son los factores más importantes a considerar en relación a la disminución de la tasa de pérdida de vida útil en paltas frescas, teniendo esta especie la característica de ser susceptible a daño por frío en general con temperaturas de almacenamiento inferiores a 4°C (Paz, 1987). En esta línea el almacenaje de paltas en condiciones de bajas temperaturas (4-7°C) permiten reducir la tasa de síntesis de etileno y la tasa respiratoria del fruto, resultando en una disminución del metabolismo y aumento del período potencial de almacenaje. Sin embargo, una temperatura no adecuada de almacenaje, cercana o inferior a los 3°C, puede resultar en desórdenes o daños por frío expresados como pardeamiento de la piel y del mesocarpo (Woolf *et al.*, 2003). No obstante, el estado de madurez de cosecha condiciona la potencial temperatura de almacenaje, y de esta manera frutos cosechados con menor materia seca son menos tolerantes al almacenaje a bajas temperaturas y deberían ser almacenados entre 5-13°C; en contraposición, fruta en mayor

estado de madurez es más tolerante a bajas temperaturas y podría ser almacenada entre 2-4°C, dependiendo del cultivar (Pérez *et al.* 2004; Kader y Arpaia, 2002). Dentro de los efectos más importantes de la temperatura de almacenaje afectan la tasa de pérdida de la firmeza del fruto y el tiempo necesario para alcanzar madurez de consumo del fruto. En la Unidad de Postcosecha de INIA-La Platina se estudió el efecto de cuatro temperaturas de exposición: 5°C (88% humedad relativa (HR)), 10°C (94% HR), 20°C (62% HR) y 30°C (70% HR), temperaturas que se seleccionaron pensando en un almacenaje para exportación a mercados distantes así como su venta a mercado interno inmediatamente después de cosecha. Dentro de los principales resultados obtenidos en el estudio, y de acuerdo a lo esperado, se puede indicar que la temperatura tuvo un efecto sobre la deshidratación del fruto, siendo las temperaturas de exposición de 20°C y 30°C las que generaron los mayores niveles de pérdida de peso del fruto con valores superiores a 10% y 20%, respectivamente para el período considerado (**Figura 3.8**). Asimismo, temperaturas de exposición de 5°C disminuyeron la tasa de viraje de color, la tasa respiratoria y la tasa de producción de etileno en comparación a temperaturas de 20°C y 30°C (**Figura 3.9, 3.10 y 3.11**). Por otro lado, la exposición a 30°C aumentó la variabilidad en la maduración del fruto, generando en muchos casos fruta firme en el centro del fruto con el consecuente aumento de la adherencia de la pulpa a la semilla. El tiempo promedio a madurez de consumo varió en función de la temperatura, fruta expuesta a 20°C y 30°C tuvo un tiempo promedio cercano a 15 días a madurez de consumo. En contraposición, fruta mantenida a 5°C por 20 días no presentó frutos en madurez de consumo.

Un aspecto importante a considerar en el manejo de palta es el tiempo y temperatura entre cosecha y traslado de fruta a 'packing'. Dependiendo de los volúmenes de fruta y nivel tecnológico del productor la fruta puede ser trasladada inmediatamente al lugar de embalaje y almacenamiento, o retrasarse este ingreso muchas veces bajo condiciones no apropiadas de temperatura y humedad relativa. Como se observa en la **Figura 3.12**, el tiempo de espera en huerto de 24 horas bajo sombra (temperatura de pulpa de 20°C) o expuesto al sol (temperatura pulpa de 28°C) genera un aumento significativo sobre la pérdida de peso del fruto (deshidratación), especialmente en el último caso (expuesto al sol) superando el 1% de pérdida de peso previo a embalaje.

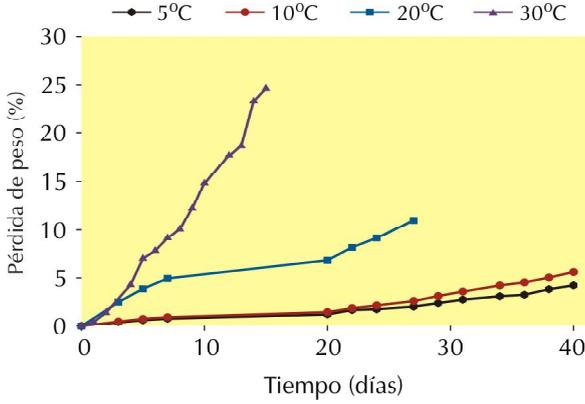


Figura 3.8. Efecto de la temperatura de exposición de 5°C, 10°C, 20°C y 30°C sobre la pérdida de peso.

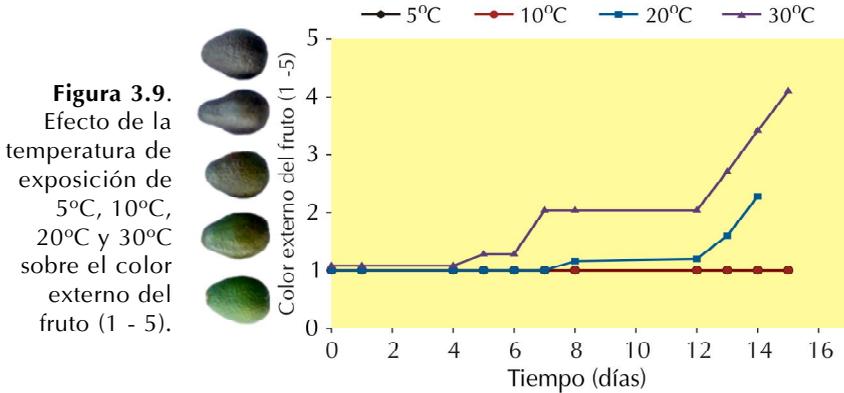


Figura 3.9. Efecto de la temperatura de exposición de 5°C, 10°C, 20°C y 30°C sobre el color externo del fruto (1 - 5).

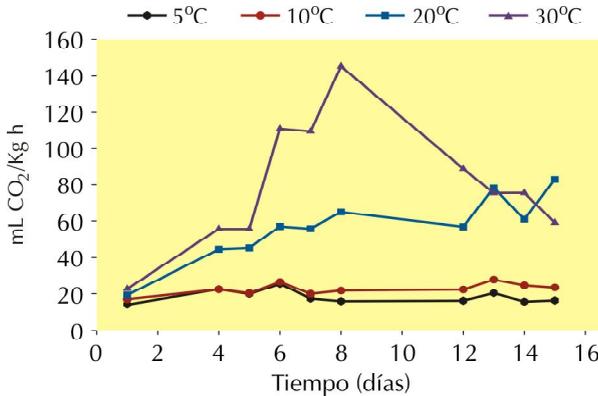


Figura 3.10. Efecto de la temperatura de exposición de 5°C, 10°C, 20°C y 30°C sobre la tasa respiratoria del fruto.

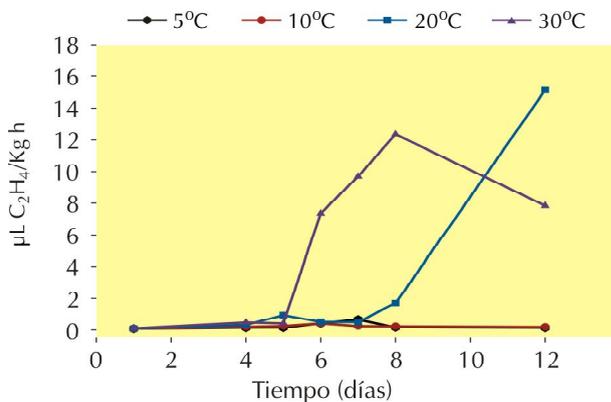


Figura 3.11. Efecto de la temperatura de exposición de 5°C, 10°C, 20°C y 30°C sobre la tasa de producción de etileno.

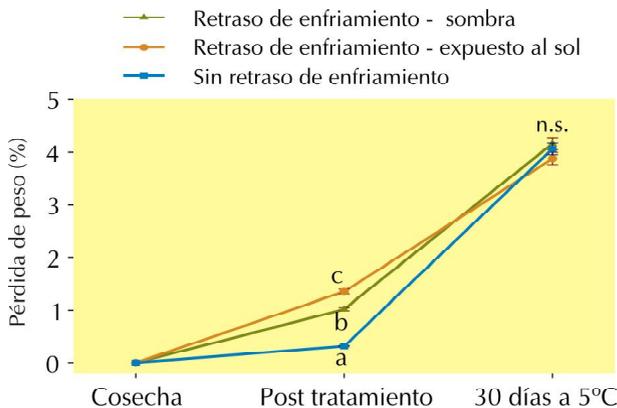


Figura 3.12. Efecto del retraso de enfriamiento por 24 horas en condiciones de sombra (temperatura de pulpa: 20°C) y luz solar directa (temperatura de pulpa: 28°C) sobre la pérdida de peso del fruto luego de 24 horas (post tratamiento) y luego de 30 días de almacenaje a 5°C.

Letras minúsculas diferentes a un mismo momento de evaluación indican diferencias significativas por prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). n.s. = no significativo.

Acerca de los daños ocasionados por el mal manejo de la temperatura, un estudio realizado en la Unidad de Postcosecha INIA-La Platina determinó el efecto de dos temperaturas de almacenaje, 2°C y 5°C por 55 días, sobre el desarrollo de desórdenes en paltas provenientes de cuatro productores. Los resultados indican que para los cuatro product-

res estudiados existió un aumento significativo de la proporción de frutos afectados con pardeamiento externo en almacenaje a 2°C; más aún para dos productores estudiados la prevalencia de pardeamiento externo fue de un 100%. Frutos almacenados a 5°C no mostraron síntomas de pardeamiento externo (**Figura 3.13**).

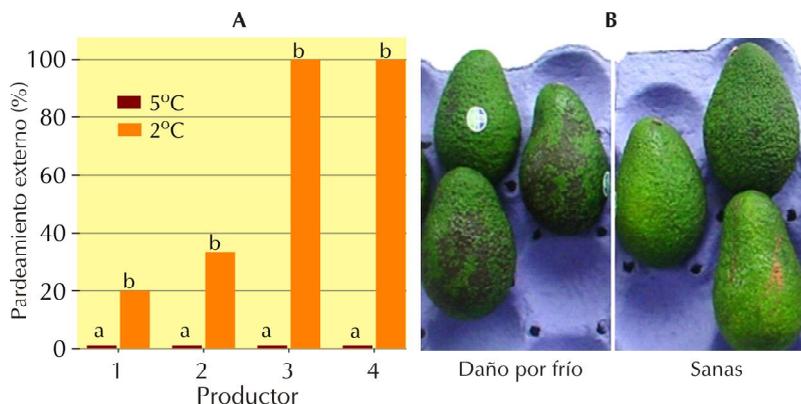


Figura 3.13. A. Efecto de la temperatura de almacenaje de 2°C y 5°C sobre el desarrollo de pardeamiento externo del fruto.

B. Síntomas de daño por frío en paltas 'Hass'.

En relación a la humedad relativa de almacenaje, la deshidratación del fruto es otros de los factores importantes que lideran el deterioro. En esta línea, los proyectos en postcosecha de paltas deben considerar almacenajes con humedades de cámara no inferiores al 90% para evitar que la deshidratación de la fruta supere un nivel que comprometa su valor comercial (Berger, 1996).

3.2.2. Atmósfera controlada y modificada

Una de las tecnologías más difundidas y utilizadas en postcosecha de paltas corresponde a la atmósfera controlada, donde a través de la disminución en el nivel de oxígeno (2-5%) y aumento en dióxido de carbono (3-10%), es posible retrasar la maduración de paltas 'Hass' y obtener una serie de beneficios entre los que destacan retraso en la pérdida de firmeza, disminución de la deshidratación y disminución de la incidencia de desórdenes fisiológicos del fruto (Burdon *et al.* 2008;

Maré *et al.*, 2002; Meir *et al.*, 1995; Arpaia *et al.*, 1990). En La Unidad de Postcosecha INIA-La Platina se han realizado diversos estudios para determinar el efecto y el correcto manejo de la tecnología de AC durante el almacenaje refrigerado. Durante los años 2012 y 2013 se muestrearon frutos desde 12 huertos en función de sus características de precosecha. La mitad de los frutos muestreados por huerto se almacenaron en aire regular o convencional (AR), y el resto se almacenaron en atmósfera controlada (AC) (4% O₂ y 6% CO₂ por 30 días), por un período total de 40 y 55 días a 5°C, de acuerdo al siguiente esquema:

Cosecha (1 día)	Embalaje y consolidación contenedor AC (1-10 días)	Tiempo efectivo en AC (30 días)	Almacenamiento en destino (5°C) 10 y 15 días	Maduración a 20°C hasta madurez de consumo
--------------------	---	---------------------------------	---	--

Además para cada tiempo de almacenaje se consideró un tiempo de exposición a 20°C (shelf life) hasta madurez de consumo (firmeza de pulpa < 2Lbf). De los resultados obtenidos se destaca que la fruta almacenada en AC hasta 40 días presenta una menor variabilidad entre huertos en cuanto a firmeza y color; asimismo la retención de la firmeza y el color fue superior en AC que fruta almacenada en AR (**Tablas 3.1 y 3.2**). En almacenamiento prolongado de 55 días, los atributos de calidad se comportan dependiendo de la condición del huerto y manifiestan resultados más variables; además aparecen otros problemas asociados a senescencia o término de vida útil, como pudrición y pardeamiento del fruto (**Tabla 3.3**).

La incidencia de estos problemas, está asociada tanto a las variables agroclimáticas de la zona de producción como de las condiciones de la temporada. Por lo tanto, si bien el uso de atmósfera controlada tiene beneficios importantes, es imprescindible "conocer" el potencial que tiene la fruta de cada huerto para definir una estrategia exitosa para el uso de esta tecnología. Además, así como hay beneficios de la tecnología también se pueden ocasionar problemas cuando no se utiliza apropiadamente, principalmente en cuanto a los niveles de oxígeno y dióxido de carbono utilizados.

Tabla 3.1. Firmeza de palta 'Hass' posterior a almacenamiento a 5°C y en aire regular (AR) y atmósfera controlada (AC; 4% O₂ y 6% CO₂).

Localidades	40 días a 5°C				55 días a 5°C			
	Firmeza (Lbf)		Color externo (1-5)		Firmeza (Lbf)		Color externo ¹ (1-5)	
	AR	AC	AR	AC	AR	AC	AR	AC
Los Andes	7,6	55,4	1,8	1	4,8	9,9	3,4	1,4
Panquehue	30,6	55,1	1	1	18,9	55,6	2,5	1
Llay Llay	28	56,5	1	1	19,4	54,2	2,2	1
Hijuelas	19,7	64,3	2,7	1	26,5	48,4	2,5	1
Chincolco	39,2	53,5	1,2	1	24,5	56,5	2,5	1
Jaururo	8,9	58,8	3	1	3,8	47,2	3,1	2,2
Romeral	7,7	61,5	3,3	1	6,9	63,2	3,7	1,4
Ocoa	32,3	64,8	2	1	12,2	49,5	2,6	1,6
San Felipe	38,3	66	1,6	1	18,3	48,2	2,2	1,6
Melipilla	9,7	61,6	1,6	1	4,4	56,6	2,9	1
Santo Domingo	26	52,3	2,8	1	13,5	45,3	3,2	1,2
Cabildo	13,6	62,2	2,8	1	4,6	42,2	3,1	1,2

¹Escala color: 1= verde a 5=negro

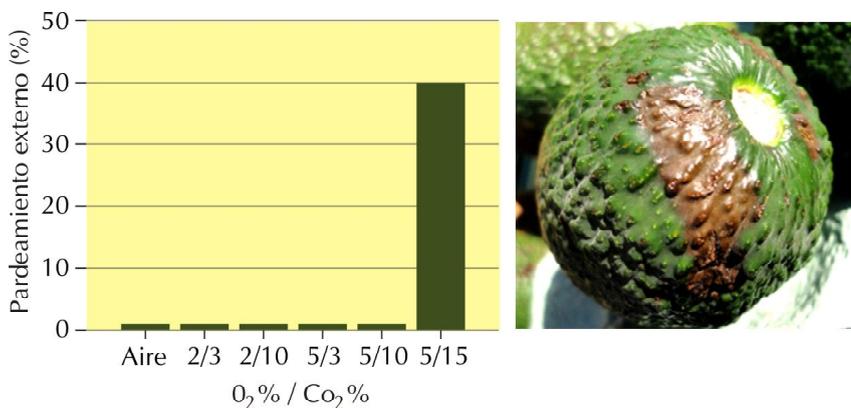
Tabla 3.2. Días a madurez de consumo en palta 'Hass' posterior a almacenamiento a 5°C en aire regular (AR) y atmósfera controlada (AC; 4% O₂ y 6% CO₂).

Localidad	40 días a 5°C + 20°C		55 días a 5°C + 20°C	
	AR	AC	AR	AC
Los Andes	3,3	10,2	3	6,1
Panquehue	4	6,7	4,3	4,4
Llay Llay	4	8,6	5,1	7,8
Hijuelas	2,5	4,8	2,4	5,2
Chincolco	3,2	8,9	4	6,4
Jaururo	3	7,3	1,6	5,1
Romeral	3	7	1,7	6,2
Ocoa	3,3	7,3	2	4,8
San Felipe	3	10,4	1,9	5,4
Melipilla	2,3	6,5	1,5	4,5
Santo Domingo	3,4	3,3	1,2	4,8
Cabildo	1,3	4,1	1,4	2,8

Tabla 3.3. Incidencia de pudriciones en palta 'Hass' proveniente de distintas zonas agroclimáticas y almacenada en atmósfera controlada.

Localidad	Almacenamiento en atmósfera controlada (% de pudrición)	
	40 días	55 días
Los Andes	0	0
Panquehue	0	0
Llay Llay	0	0
Hijuelas	3,3	0
Chincolco	0	0
Jaururo	1,9	11,1
Romeral	0	0
Ocoa	0	7,6
San Felipe	1	5,7
Melipilla	0	10,5
Santo Domingo	4,8	8,5
Cabildo	22	37,2

Los problemas asociados al incorrecto uso de AC pueden ir desde daños externos como se observa en la **Figura 3.14b**, hasta la generación de sabores extraños por el gatillamiento de procesos fermentativos en la fruta. En esta línea, en la Unidad de Postcosecha INIA-La Platina durante el año 2003 (J. Retamales, resultados no publicados), se estu-



dió el efecto de diferentes concentraciones de CO₂ y O₂ en paltas 'Hass' almacenadas por 45 días a 6°C. Fruta almacenada en condiciones de 15% de CO₂ y 5% de O₂ presentó un aumento considerable del porcentaje de fruta afectada con síntomas de pardeamiento externo con respecto a los demás tratamientos de AC y aire regular (Figura 3.14).

Para el caso de atmósfera modificada (AM), se han reportado beneficios interesantes en extender la vida potencial de postcosecha, por reducción de la pérdida de peso, retraso del cambio de color verde y la pérdida de firmeza (Meir *et al.*, 1997). En la Unidad de Postcosecha de INIA-La Platina, se determinó el efecto del uso de atmósfera modificada sobre la calidad de postcosecha de palta 'Hass'. Las paltas se almacenaron bajo dos condiciones, atmósfera modificada (AM) y atmósfera regular (aire) por 30 ó 45 días a 5°C antes de determinar parámetros de calidad como firmeza, color externo (escala 1-5; donde 1= verde y 5= negro) y pardeamiento externo (escala 1-5; donde 1= sano y 5= pardeamiento severo). Adicionalmente, los frutos se expusieron a 20°C hasta alcanzar madurez de consumo antes de determinar la incidencia de desórdenes fisiológicos internos (escala 1-5; donde 1= sano y 5= severo). En la **Figura 3.15** se describen los resultados obtenidos en firmeza, color y pardeamiento externo para la evaluación realizada a cosecha y luego de 30 ó 45 días de almacenaje a 5°C. Estos resultados indican que la atmósfera modificada permitió reducir la tasa de pérdi-

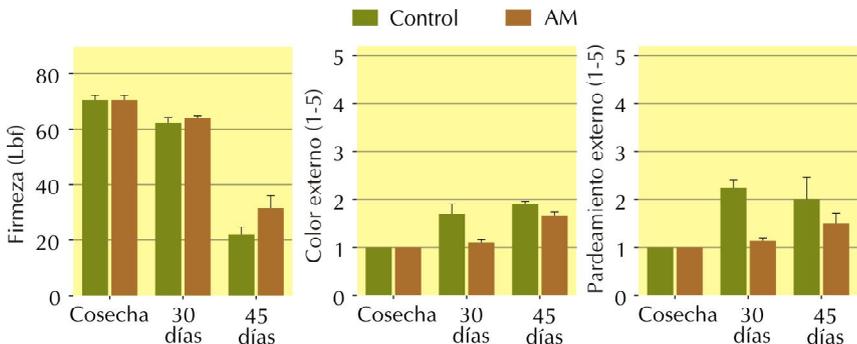


Figura 3.15. Efecto del uso de atmósfera modificada (AM) sobre la firmeza de la pulpa, color y pardeamiento externo de palta 'Hass' a cosecha y luego de 30 y 45 días de almacenaje a 5°C. Escala color (1-5), donde 1= verde y 5= negro; Escala de pardeamiento externo, donde 1= sano; 5= pardeamiento severo.

da de firmeza hasta los 45 días de almacenaje. Asimismo, el cambio de color externo del fruto también se retrasó por almacenaje en AM. Para el caso del pardeamiento externo del fruto el uso de AM permitió reducir la proporción y severidad de frutos afectados con este daño luego de 30 y 45 días de almacenaje a 5°C. Asimismo el almacenaje en AM por 45 días a 5°C redujo la severidad del pardeamiento interno de pulpa y pardeamiento vascular durante el shelf life a 20°C hasta madurez de consumo (**Figura 3.16**).

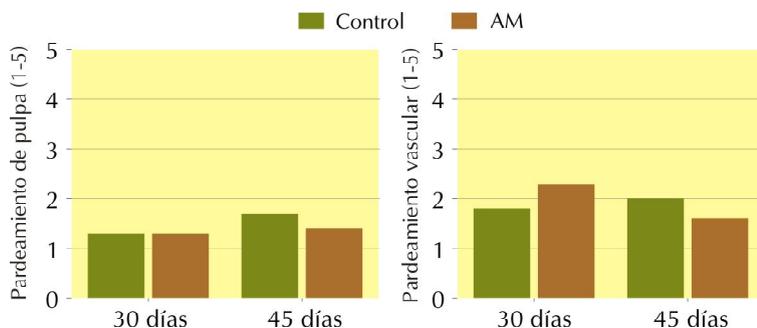


Figura 3.16. Efecto del uso de atmósfera modificada (AM) sobre el pardeamiento de pulpa y pardeamiento vascular de palta 'Hass' durante 'shelf life' a 20°C, luego de 30 y 45 días de almacenaje a 5°C. Escala de pardeamiento de pulpa y vascular, donde 1= sano y 5= pardeamiento severo.

El uso de AM no generó una extensión de los días necesarios para alcanzar madurez de consumo a 20°C luego de 30 y 45 días de almacenaje a 5°C; existiendo un promedio de 6 días para almacenaje en atmósfera regular y AM. Sin embargo, el uso de AM permitió disminuir la dispersión de los días a madurez de consumo con respecto al control, en la evaluación realizada luego de 45 días de almacenaje (**Figura 3.17**).

Con el aumento de los períodos de envío, ya sea por la lejanía de los mercados o manejo de la fruta (stock), el uso de AM ofrece la ventaja de "proteger" al producto con la tecnología durante todo la cadena de comercialización, desde embalaje al punto de venta. Si bien éste es un beneficio importante respecto al uso de AC, plantea desafíos tanto técnicos (buen manejo del frío durante toda la cadena) como desafíos operacionales en el caso de someterse la fruta a maduración forzada en el mercado de destino.

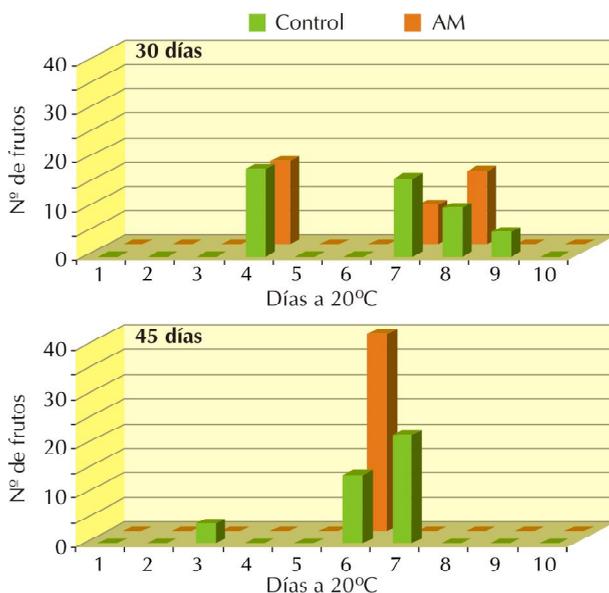


Figura 3.17. Distribución de los días a madurez de consumo a 20°C, luego de 30 y 45 días de almacenaje a 5°C, para frutos almacenados en atmósfera modificada (AM) y aire regular (control).

3.2.3. 1-metilciclopropeno

Dentro de las alternativas tecnológicas, 1-metilciclopropeno (1-MCP) posee un potencial interesante en su uso en paltas. 1-MCP corresponde a una molécula de ciclopropeno sintética usada para inhibir la acción del etileno por medio del bloqueo permanente de los receptores de esta hormona en un gran número de especies frutales como manzanas, ciruelas, kiwis y paltas. En esta línea, 1-MCP ha mostrado efecto en el retraso de maduración de paltas 'Hass' y otros cultivares disminuyendo la pérdida de la firmeza y aumentando la retención del color 'verde' durante el almacenaje (Feng *et al.*, 2000; Jeong *et al.*, 2003). Asimismo, en paltas 'Hass' se ha descrito que el uso de 1-MCP puede disminuir la incidencia de desórdenes fisiológicos internos del fruto (Woolf *et al.*, 2005). En La Unidad de Postcosecha INIA-La Platina se estudió el efecto de la aplicación de 1-MCP como alternativa al uso de AC para mejorar la calidad global del fruto a consumidor. Paltas 'Hass' se cosecharon en dos estados de madurez, cosecha 1 (23% materia seca o 9% de aceite) y cosecha 2 (26,3% materia seca o 11% aceite) y cada cose-

cha se dividió en tres grupos. El primer grupo se trató con 1-MCP por 12 horas a 5°C, el segundo grupo se expuso a AC (4% O₂ y 6% CO₂), y el tercer grupo se utilizó como control en atmósfera regular. Todos los tratamientos se almacenaron por un tiempo de 30 días a 5°C más un período de shelf life a 20°C hasta alcanzar madurez de consumo. Para ambas cosechas estudiadas los tratamientos con 1-MCP retrasaron significativamente la pérdida de la firmeza y el cambio de color durante el almacenaje a 5°C, con respecto al testigo en aire regular (**Figura 3.18**). Asimismo, luego de un período de shelf life a 20°C se observó

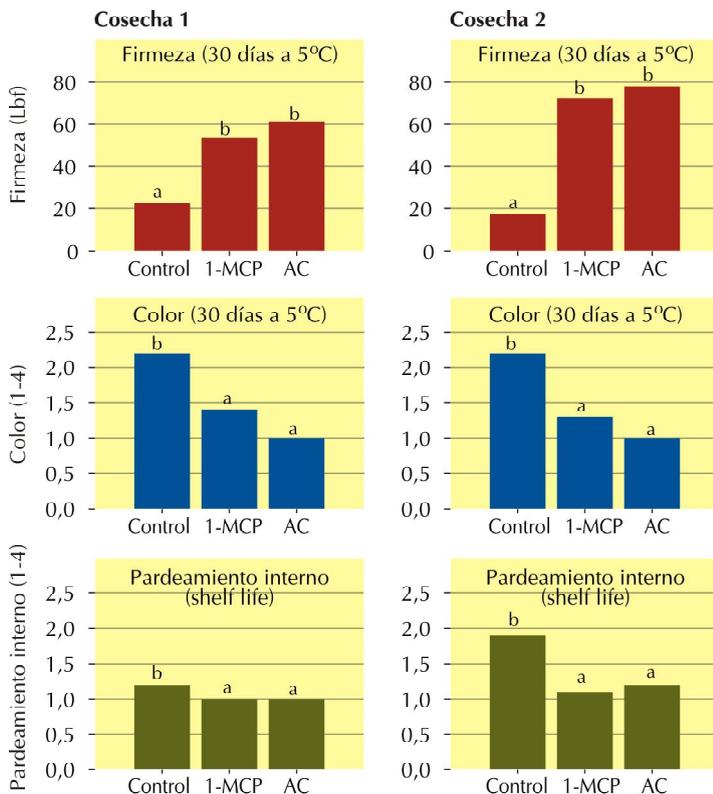


Figura 3.18. Efecto de la aplicación de 1-MCP y atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂) sobre la firmeza y color luego de 30 días a 5°C; y el pardeamiento interno luego de 30 días a 5°C más período de 'shelf life' a 20°C hasta madurez de consumo, en paltas 'Hass' de la cosecha 1 (23% materia seca) y cosecha 2 (26,3% materia seca).

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos por prueba de Tukey (P ≤ 0,05).

una disminución de los desórdenes internos del fruto para los tratamientos con 1-MCP y el uso de AC no mostró diferencias significativas para firmeza, color y pardeamiento interno con respecto al uso de 1-MCP (Figura 3.18). Sin embargo, aún existen algunas limitaciones del uso de 1-MCP cuando es utilizado en fruta de madurez inapropiada. En este sentido las limitaciones se traducen en el mayor tiempo requerido para alcanzar madurez de consumo una vez finalizado el almacenamiento. Este comportamiento se observó en este estudio, donde fruta aplicada con 1-MCP de la cosecha 1 mostró una mayor variabilidad y extensión en la distribución de los días a madurez de consumo con respecto a fruta almacenada en AC de ambas cosechas y el tratamiento de 1-MCP en fruta de la segunda cosecha (**Figura 3.19**). En esta línea, bajo el nuevo escenario de un mayor requerimiento de almacenamiento/transporte para llegar con un producto de alta calidad en los mercados lejanos de exportación, 1-MCP podría corresponder a una herramienta a considerar. No obstante será necesario establecer una clara

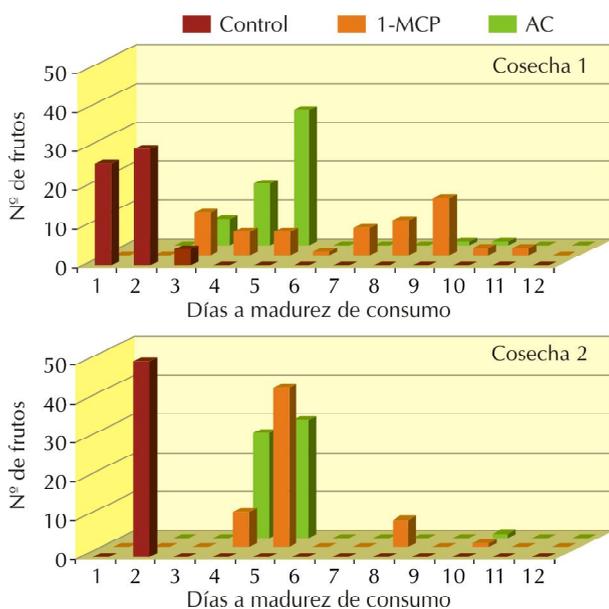


Figura 3.19. Dispersión de los días a madurez de consumo en paltas 'Hass' de la cosecha 1 (23% materia seca) y cosecha 2 (26,3% materia seca), aplicadas con 1-MCP, atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂) y aire regular (control).

estrategia de aplicación, considerando tanto al producto como las características de la fruta a aplicar, como por ejemplo el contenido de aceite, la edad de la fruta y los factores de precosecha.

3.2.4. Enfriamiento progresivo

La palta corresponde a un fruto altamente susceptible a daños por frío cuando se almacenan en temperaturas cercanas e inferiores a los 3°C. En esta línea, para especies frutales susceptibles a daños por frío se han descrito diversas estrategias para aumentar la tolerancia del fruto a bajas temperaturas disminuyendo la expresión de los síntomas del daño. Una de las estrategias que ha mostrado mayor potencial en paltas corresponde al acondicionamiento a las bajas temperaturas, la cual se basa en la capacidad de adaptación de la fruta durante almacenamiento a temperaturas menores a las que tolera en forma normal. En la Unidad de Postcosecha INIA-La Platina se evaluó el efecto del enfriamiento progresivo como alternativa más económica al almacenaje en AC. Con este objetivo, paltas 'Hass' muestreadas desde cuatro productores se dividieron en tres grupos. El primer grupo se consideró como control y se almacenó en aire regular (AR) a 5°C, el segundo grupo se almacenó en atmósfera controlada (AC, 4% O₂ y 6% CO₂ por 30 días) a 5°C y el tercer grupo se sometió a enfriamiento progresivo, correspondiente a una combinatoria entre temperaturas de 2°C, 3°C y 5°C. La fruta se almacenó por un período de 55 días más un período adicional de shelf life a 20°C hasta madurez consumo antes de evaluar la calidad de la fruta.

Los resultados permiten indicar que el enfriamiento progresivo disminuyó la pérdida de firmeza con respecto al control almacenado en AR a 5°C por 55 días. Asimismo, en 3 de los 4 productores estudiados el tratamiento de enfriamiento progresivo retrasó el cambio de color verde (escala 1-5; donde 1= verde y 5= negro) en comparación al control luego de 55 días a 5°C (**Tabla 3.4**). Sin embargo, fruta almacenada en AC mostró la mayor retención de la firmeza y retardo en el cambio de color en el fruto con respecto a los demás tratamientos. Por otro lado, el tratamiento de enfriamiento progresivo consideró temperaturas de riesgo (2-3°C) para el desarrollo de daño por frío; sin embargo, este tratamiento no generó un aumento de la proporción de frutos afectados

Tabla 3.4. Efecto del enfriamiento progresivo o atmósfera controlada sobre la calidad postcosecha de palta 'Hass'.

Tratamientos	Firmeza (Lbf) ^a	Color (1-5) ^a	Incidencia P. externo (%) ^a	Madurez consumo (días) ^b
Productor 1				
Control	3,3 a	3,4 b	0,0	2,9 a
Enfriamiento progresivo	12,8 b	3,2 b	0,0	3,5 ab
Atmósfera controlada	45,0 c	1,0 a	6,7	3,7 b
Productor 2				
Control	4,2 a	4,7 b	0,0	3,0
Enfriamiento progresivo	10,6 b	1,0 a	0,0	3,2
Atmósfera controlada	42,1 c	1,0 a	0,0	3,0
Productor 3				
Control	3,9 a	3,5 c	0,0	1,8 a
Enfriamiento progresivo	34,6 b	2,7 b	0,0	2,4 a
Atmósfera controlada	46,8 c	1,8 a	0,0	7,9 b
Productor 4				
Control	4,0 a	3,2 c	0,0	1,7 a
Enfriamiento progresivo	28,2 b	2,8 b	0,0	5,2 b
Atmósfera controlada	50,8 c	1,0 a	0,0	7,2 c

Letras minúsculas en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos, prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

^a Evaluación luego de 55 días a 5°C.

^b Evaluación luego de 55 días a 5°C y 'shelf life' a 20°C hasta madurez de consumo.

con síntomas de daño por frío o pardeamiento externo en fruta de los cuatro productores estudiados (Tabla 3.4).

En relación al tiempo necesario para alcanzar madurez de consumo luego de que la fruta es expuesta a maduración a 20°C. Solamente en uno de los cuatro productores estudiados el enfriamiento progresivo generó un aumento, en comparación al control, de la cantidad de los días necesarios para obtener madurez de consumo. No obstante, AC se diferenció significativamente del control en 3 de los 4 productores estudiados (Tabla 3.4). Es importante destacar que a este momento de evaluación (55 días) existió una importante proporción de frutos afectados con síntomas de hongo; siendo en algunos casos, como en el control de productor 1 y 4, cercana al 50%.

LITERATURA CITADA

- Arpaia, M.L., Faubian, D., Mitchell F.G. and Mayer, G. 1990. The Use of Controlled Atmosphere for Long-Term Storage of 'Hass' Avocados. California Avocado Society 1990 Yearbook 74:43-48.
- Berger, H. 1996. Nuevas opciones en el manejo de fruta después de cosecha. En: Cultivo del palto y perspectivas de mercado. Publicaciones misceláneas agrícolas N°45. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 123 p.
- Burdon, J. Lallu, N., Haynes, K., McDermott, and Billing, D. 2008. The effect of delays in establishment of a static or dynamic controlled atmosphere on the quality of 'Hass' avocado fruit. Postharvest Biol. Technol. 49:61-68.
- Feng, X., Apelbaum, A., Sisler, E.C., and Gore R. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol. Technol. 20:143-150.
- Jeong, J., Huber, D.J., and Sargent, S.A. 2003. Delay of avocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. Postharvest Biol. Technol. 28:247-257.
- Kader, A.A., and Arpaia M.L. 2002. Postharvest handling Systems: Subtropical Fruits. pp. 375-383. In: Kader, A.A. (ed) Postharvest Technology of Horticultural Crops Third Edition. Agriculture and Natural Resources, University of California. 535 p.
- Maré, L., Truter, A.B., Dodd, M.C. and Holcroft, DM. 2002. The use of CA storage, CO₂ shock treatments and/or 1-MCP treatments on 'Fuerte' and 'Hass' avocados. South African Avocado Growers Association 2002 Yearbook 25:35-44.

- Meir, S., Akerman, M., Fuchs, Y., and Zauberaman, G. 1995. Further studies on the controlled atmosphere storage of avocados. *Postharvest Biol. Technol.* 5:323-330.
- Meir S., Naiman, D., Akerman, M., Hyman, J.Y., Zauberaman, G., and Fuchs, Y. 1997. Prolonged storage of 'Hass' avocado fruit using modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol. Technol.* 12:51-60.
- Paz, V.R. 1987. Control de la calidad del aguacate en postcosecha. pp. 339-353. En: *Memorias del primer curso Fitosanitario y de nutrición en aguacate*. Asociación Nacional de Egresados. Facultad de Agro Biología. Uruapan, Michoacán, México.
- Perez K., Mercado, J., and Soto-Valdez, H. 2004. Note. Effect of storage temperature on the shelf life of hass avocado (*Persea americana*). *Food Sci. Technol. Inter.* 10(2):73-77.
- Woolf, A.B., Cox, K.A., White, A. and Ferguson, IB. 2003. Low Temperature conditioning treatments reduce external chilling injury of 'Hass' avocados. *Postharvest Biol. Technol.* 28:113-122.
- Woolf, A.B., Requejo-Tapia, C., Cox, K.A, Jackman, R.C., Gunson, A., Arpaia, M.L., and White, A. 2005. 1-MCP reduces physiological storage disorders of 'Hass' avocados. *Postharvest Biol. Technol.* 35:43-60.

ENFERMEDADES DE POSTCOSECHA DE PALTA

Sylvana Soto A.

4.1. PRINCIPALES ENFERMEDADES DE POSTCOSECHA DE PALTAS

El aumento de plantaciones de palto en Chile con el consiguiente aumento en la producción, hace necesario la búsqueda de nuevos mercados que requieren un mayor tiempo para llegar a destino (Europa y Lejano Oriente), lo que favorece el desarrollo y expresión de pudriciones de postcosecha, como antracnosis (*Colletotrichum gloesporium* (Penz.) Penz. and Sacc.) y otras asociadas a la zona peduncular del fruto. A nivel de huertos no existen medidas de control para enfermedades que se manifiestan durante la postcosecha, debido principalmente a que éstas se expresan después de periodos de almacenaje más prolongados e históricamente no había sido un problema de relevancia.

El género *Colletotrichum* es causante de pérdidas en varios productos hortícolas en el mundo, se favorece en climas templados y lluviosos o con alta humedad relativa, produciendo síntomas característicos denominados 'antracnosis', esta sintomatología se caracteriza por presentar manchas de color pardo oscuro de forma circular y con una depresión en el tejido afectado (**Foto 4.1**), con el tiempo se puede observar la formación de acérvulos en las lesiones, que son masas de micelio con desarrollo de conidias en su interior (Prusky *et al.*, 2000). En paltas, *C. gloesporium* infecta a los frutos durante su desarrollo en el huerto y queda latente hasta la maduración del fruto durante la postcosecha. Los cambios fisiológicos en el fruto permitirían la activación del patógeno (Beno and Prusky, 2000; Freeman *et al.*, 1996). En Chile el primer reporte fue el año 2002, observándose esta enfermedad en las variedades 'Hass' y 'Bacon' (Montealegre *et al.*, 2002).



Foto 4.1. Lesión característica de antracnosis producida por el hongo *Colletotrichum gloeosporium* (Penz.) Penz. & Sacc. en palta.

El control cultural de antracnosis se basa en eliminar ramas secas que podrían ser fuente de inóculo del patógeno, además esta medida permite favorecer la ventilación al interior de la copa (Latorre, 2004). En relación al control químico, se podrían utilizar fungicidas en tratamientos de pre y postcosecha, pero hasta el momento se desconoce la efectividad de ellos bajo nuestras condiciones y los momentos en los cuales la aplicación sería efectiva para el control.

Las pudriciones o moho pedunculares (Stem end rot) se producen en la zona de unión del fruto con el pedúnculo, produciendo una pudrición desde esa zona que se desarrolla a medida que la fruta madura (Johnson and Kotzé, 1994), en ocasiones en una primera instancia se puede observar micelio en el pedúnculo (**Foto 4.2**).

Se han reportado varios hongos como responsables de estas pudriciones principalmente pertenecientes a los géneros *Botryosphaeria* y *Fusicoccum* (Menge y Ploetz, 2003; Johnson and Kotzé, 1994). Estos patógenos generalmente son endófitos en los tejidos pedunculares y los tejidos son infectados en el campo, proveniente de hojas, ramas y brotes muertos. También la infección puede ser resultado del ingreso del patógeno por el corte de cosecha. El almacenamiento prolongado favorece la aparición de esta sintomatología, la cual se expresa preferentemente cuando madura el fruto (Johnson and Kotzé, 1994). En Chi-



Foto 4.2. Síntomas y signos característicos de pudriciones pedunculares.

le se ha descrito a *Neofusicoccum australe* (*Botryosphaeria australis*) y *Fusicoccum aesculi* (*B. berengeniae*) como algunos de los agentes causales de la enfermedad (Montealegre *et al.*, 2012; Besoain *et al.*, 2002).

El control de estas enfermedades se basa principalmente en aplicaciones en el huerto, sobre todo cuando existe historial de la enfermedad. Para bajar la carga de inóculo es importante retirar ramas muertas y material vegetal del piso del huerto, además de mantener un vigor adecuado de las plantas y un buen manejo de copa (Johnson and Kotzé, 1994).

4.2 INCIDENCIA DE PUDRICIONES DE POSTCOSECHA EN PALTA 'HASS' EN CHILE

Los huertos de palto en Chile se ubican en una amplia gama de condiciones de suelo y clima, que junto a diferencias en el manejo del cultivo y de la fruta al momento de cosecha/postcosecha, son responsables de la alta variabilidad que presenta la palta a consumo. En los últimos años ha habido un aumento de las plantaciones y cada vez es necesario llegar a mercados más distantes. Por lo tanto, a pesar de ser una especie con baja incidencia de problemas sanitarios se planteó como objetivo evaluar la incidencia de enfermedades de postcosecha en fruta proveniente de distintas condiciones agroclimáticas, las cuales fueron almacenadas por un período prolongado.

Para el logro de este objetivo se seleccionaron 28 sitios en diferentes condiciones agroclimáticas, y en cada sitio se seleccionaron seis árboles homogéneos del cv. 'Hass', desde donde se sacaron las muestras de fruta. De cada sector se cosechó fruta con un mínimo de 26% de materia seca y se almacenó a 5°C por 45 días, para posteriormente mantener la fruta a 20°C hasta alcanzar madurez de comercialización (firmeza 2-3 Lbf). A salida de frío y madurez comercial se evaluaron parámetros de calidad y desórdenes patológicos, además se dejó una muestra para evaluar pudriciones en frutos con madurez de consumo (<1 Lbf) dejados 7 días después de salida de frío.

En las evaluaciones realizadas a salida de frío no se observó evidencia de pudriciones en ninguno de los huertos seleccionados. A madurez comercial, sólo se evidenció en tres sitios una incidencia de antracnosis menor a 6%. En la evaluación realizada 7 días después de salida de frío las pudriciones pedunculares variaron de 2,5% hasta 40%, mientras que antracnosis sólo se evidenció en 6 sitios con una prevalencia menor a 10% (**Figura 4.1**). Con estos resultados, podemos concluir que la palta 'Hass' chilena presenta en postcosecha una baja presencia de antracnosis, focalizándose en algunos huertos. Mientras que los desór-

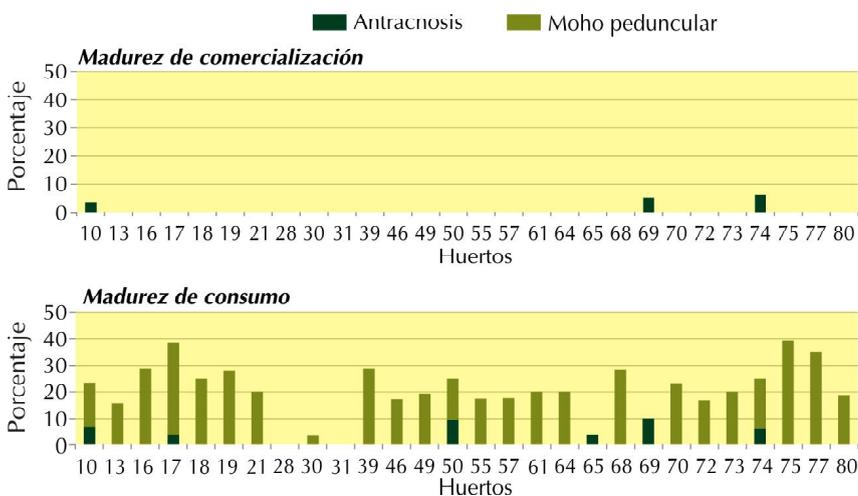


Figura 4.1. Incidencia de antracnosis y moho peduncular en paltas provenientes de huertos con distintas condiciones agroclimáticas, después de un almacenaje prolongado.

denes pedunculares, muestran una mayor incidencia y alcanzan importantes niveles en algunos huertos, por lo que sería recomendable establecer estrategias de control de precosecha para bajar la ocurrencia de pudriciones pedunculares en postcosecha.

4.3 EFECTO DE ATMÓSFERA CONTROLADA EN LA INCIDENCIA DE PUDRICIONES DE POSTCOSECHA EN PALTA VAR. 'HASS'

En la búsqueda de extender el período de almacenaje de paltas y de esta forma llegar a mercados más distantes, se han probado distintas tecnologías de postcosecha. En la actualidad gran parte de las exportaciones de palta se realizan en contenedores de atmósfera controlada (AC), lo que hace necesario determinar el efecto de esta tecnología en la incidencia de enfermedades de postcosecha como antracnosis y pudriciones pedunculares.

Durante la temporada 2012-2013 se realizó un ensayo con el objetivo de evaluar la incidencia de pudriciones de postcosecha en paltas 'Hass' provenientes de 12 huertos, y sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento. Para ésto, se colectó fruta de cada huerto, y parte de ella se almacenó en aire regular (AR), y otro grupo se almacenó por 30 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂) para posteriormente continuar su almacenamiento en aire regular (AC). Ambos tratamientos fueron almacenados por 40 y 55 días a 5°C, para posteriormente realizar un período de simulación de venta a 20°C, hasta madurez de consumo (firmeza <2 Lbf).

En paltas de 40 días de almacenamiento se observó una baja incidencia de pudriciones con valores menores a 5,5% sin mostrar diferencias entre tratamientos, con excepción de un huerto que presentó una incidencia de 5 y 22% en AR y AC, respectivamente. En general, en la evaluación de los 55 días, se observó un aumento en la incidencia de enfermedades en la mayoría de los huertos, presentando incidencias entre 0 y 21% en AR y entre 0 y 37% en AC (**Figura 4.2**). Los resultados indican que en las paltas almacenadas por 40 días se observó una baja

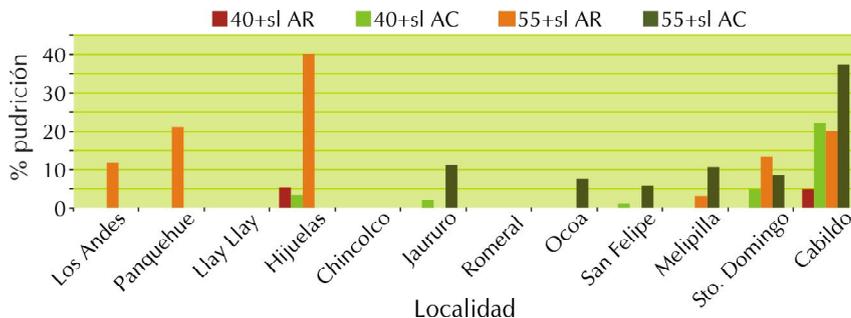


Figura 4.2. Incidencia de pudriciones de postcosecha proveniente de distintas localidades y sometidas a distintas tecnologías de postcosecha.

incidencia de pudriciones con excepción del huerto de Cabildo de cosecha más tardía. En general, en la evaluación de los 55 días, se observó un aumento en la incidencia de enfermedades, independiente de la tecnología utilizada.

Podemos concluir que el desarrollo de pudriciones de postcosecha no ha sido un factor limitante en las exportaciones, pero un mayor tiempo de almacenamiento puede significar una mayor incidencia, sobre todo de huertos sin manejo de fuentes de inóculo. En esta línea, generalmente las prácticas realizadas a nivel de huerto están enfocadas a maximizar los rendimientos y el calibre de la fruta, sin considerar manejos para mejorar la sanidad de las plantas y para disminuir los niveles de inóculo de patógenos en la fruta, de manera de garantizar un almacenaje prolongado con fruta de alta calidad hasta el consumidor final. Por lo que sería importante establecer manejos culturales y posiblemente aplicaciones de fungicidas estratégicos para poder controlar enfermedades de postcosecha de huertos con antecedentes de enfermedades.

LITERATURA CITADA

Beno, D.B., and Prusky, D. 2000. Early events during quiescent infection development by *Colletotrichum gloeosporioides* in unripe avocado fruits. *Phytopathology* 90: 553-559.

- Besoain, X., Ruíz, M., Briceño, E., y Piontelli, E. 2002. Primer reporte de *Botryosphaeria berengiana* de Not. en Chile, afectando a *Persea americana* Mill., y su correspondiente anamorfo *Fusicoccum aesculi*. XI Congreso de Fitopatología. Disponible en <http://www.sochifit.cl/pdf/XI.pdf>.
- Freeman, S., Katan, T., and Shabi, E. 1996. Characterization of *Colletotricum gloeosporioides* isolates from avocado and almond fruits with molecular and pathogenicity test. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, 62:1.014-1.020.
- Johnson, G.I., and Kotzé, J.M. 1994. Avocado - stem-end rot. In: Ploetz, R.C., Zentmyer, G.A., Nishijima, W.T., Rohrbach, K.G., Ohr, H.D. (eds) *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. St Paul, Minnesota, 81-83.
- Latorre, B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. Sexta edición. Ediciones P. Universidad Católica de Chile. 638 p.
- Menge, J.A., and Ploetz, R.C. 2003. Diseases of avocado. In: Ploetz, R.C. (ed.) *Diseases of tropical fruit crops*. CABI Publishing, Cambridge, MA, 35-71.
- Montealegre, J., Ramirez, M., Armengol, J., León, M., y Riquelme, D. 2012. Pudrición de frutos de palto por *Nefusicoccum australe* Slippers en Chile. Libro de Resúmenes XXI Congreso de Fitopatología. 45 p.
- Montealegre, J., Herrera, F., Mondaca, C., y Herrera, R. 2002. *Colletotrichum gloeosporioides* como agente causal de pudriciones en postcosecha de paltas. XI Congreso de Fitopatología. Disponible en <http://www.sochifit.cl/pdf/XI.pdf>.
- Prusky, D., Freeman, S., and Dickman, M. 2000. *Colletotrichum*. Host specificity, pathology, and host-pathogen interaction. St. Paul: American Phytopathological Society Press. 393 p.

PROCEDIMIENTOS ÓPTIMOS PARA LA MADURACION FORZADA DE PALTAS

Mary Lu Arpaia | *Sebastián Rivera S.*
Bruno Defilippi B. | *Paula Robledo M.*

Es ampliamente conocido que las paltas corresponden a frutos de tipo climatéricos donde los procesos asociados a maduración, como ablandamiento y cambio de color, pueden ser gatillados por el uso de etileno. Asimismo, el uso de etileno para estimular la maduración es deseable debido al comportamiento natural de la maduración de las paltas. Por ejemplo, paltas expuestas a una temperatura de 20°C inmediatamente después de cosecha normalmente demoran entre 7 a 12 días en alcanzar madurez de consumo y el proceso de maduración no es uniforme para un mismo lote de fruta. El uso de etileno puede acortar el período de maduración entre 3 a 5 días y mejorar la uniformidad de maduración de los frutos de un lote dado.

La respuesta del fruto a etileno es dependiente de varios factores, entre los que se incluyen la madurez fisiológica del fruto, el tiempo transcurrido desde cosecha y la temperatura. En la **Tabla 5.1** se describen los resultados obtenidos por Eaks (1980) en relación al efecto de la fecha de cosecha (madurez) sobre la respuesta al tratamiento de etileno.

El tiempo de postcosecha en frío puede influenciar la tasa de maduración natural del fruto. Por ejemplo fruta que se almacena por 2 a 3 semanas a 5°C y luego es expuesta a maduración a 20°C requiere la mitad del tiempo para alcanzar madurez de consumo que fruta que se expone a 20°C inmediatamente luego de cosecha, incluso sin tratamiento con etileno. En este sentido, el uso de etileno luego de almacenamiento refrigerado, debería ser una ventaja ya que acorta el tiempo a madurez de consumo y asegura la uniformidad de maduración de la fruta.

Tabla 5.1. Efecto de la fecha de cosecha sobre el tiempo a madurez de consumo en fruta tratada y sin tratar (control) con etileno (Resultados adaptados desde Eaks, 1980).

Fecha de cosecha (Hemisferio Norte)	Días a madurez de consumo	
	Control	Etileno*
8 de diciembre	13,9	10,8
6 de febrero	12,8	8,8
10 de abril	10,1	7,1
5 de junio	8,2	5,1

* El tratamiento de etileno se realizó con 1.000 ppm de propileno (análogo de etileno).

En la Unidad de Postcosecha INIA-La Platina, usando paltas 'Hass' en dos estados de madurez (cosecha 1= 26,3% materia seca; cosecha 2= 31,5% materia seca) se estudió el efecto de la aplicación de azetil (100 ppm por 24 h a 20°C) a cosecha y luego de 40 días de almacenaje a 5°C, sobre la cantidad de días necesarios para alcanzar uno de cuatro rangos de firmeza establecidos. Los rangos de firmeza se establecieron en cuatro categorías, donde: rango 1= 53 - 57 Lbf; rango 2= 44 - 47 Lbf; rango 3= 16 -29 Lbf; y rango 4 = 0,5 - 2 Lbf (madurez de consumo). Los resultados indican que los tratamientos con etileno a cosecha redujeron los días necesarios para alcanzar el rango de firmeza de madurez de consumo en 10 días y 4 días en fruta de la cosecha 1 y 2, respectivamente (**Figura 5.1**). Asimismo, fruta proveniente de la segunda cosecha (madurez avanzada), y sin aplicación de azetil requirió de un menor tiempo de exposición a 20°C para alcanzar madurez de consumo que fruta de menor madurez fisiológica (Figura 5.1). En contraposición, los tratamientos con etileno luego de 40 días de almacenaje a 5°C redujeron la efectividad en aumentar la tasa de pérdida de firmeza, adelantando solamente en 1 día, con respecto al control, el tiempo necesario para alcanzar el rango de firmeza de madurez de consumo (Figura 5.1).

Por otro lado, trabajos realizados por Eaks (1978) demostraron que el proceso de maduración de las paltas es inhibido con temperaturas su-

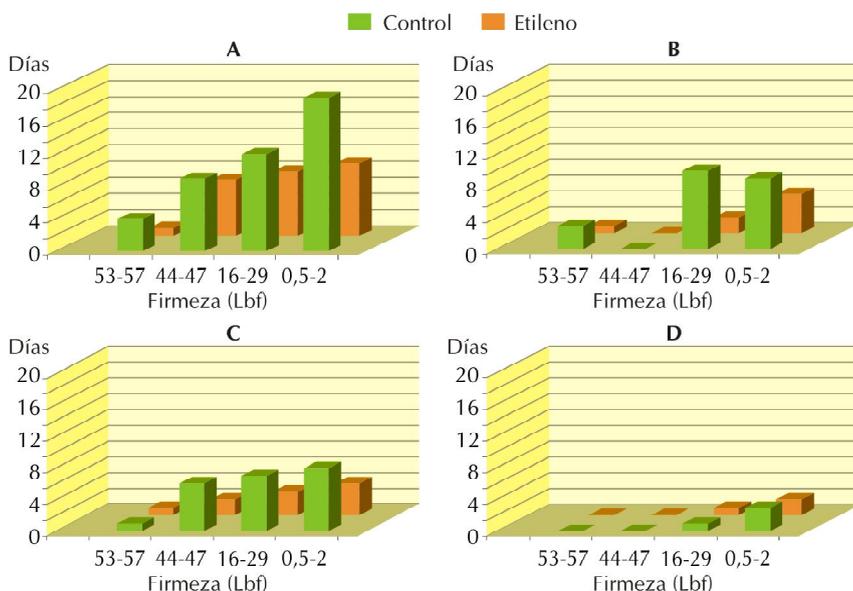


Figura 5.1. Efecto de la aplicación de etileno (100ppm de azetil) a cosecha (A-B) y luego de 40 días a 5°C (C-D), en fruta de la cosecha 1 (A-C; 26,3% materia seca) y cosecha 2 (B-D; 31,5% materia seca) sobre los días necesarios para alcanzar 4 rangos de firmeza; rango 1 = 53 - 57 Lbf; rango 2 = 44 - 47 Lbf; rango 3 = 16 - 29 Lbf; rango 4 = 0,5 - 2 Lbf (madurez de consumo).

periores a los 30°C. Sin embargo, fruta expuesta a etileno a temperaturas inferiores a 15,5°C debería responder a etileno, pero la tasa de maduración es considerablemente inferior. Los estudios realizados por Young (1979) demostraron que el rango de temperatura óptima de maduración se ubica entre los 15,5°C y 20°C. Tratamientos realizados con temperaturas entre los 20°C y 30°C, aunque tomen un menor tiempo en alcanzar madurez de consumo, podrían ser riesgosos debido a que la tasa de maduración podría ser muy alta (inferior a 3 días) y podría tener como resultado fruta sobremadura a consumidor. En la **Tabla 5.2** se describen las condiciones recomendadas en California para realizar los tratamientos de maduración con etileno.

Un buen manejo de la temperatura (incluyendo refrigeración óptima) es crítico para ser exitoso en los procedimientos de maduración. Las paltas deberían ser aclimatadas a la temperatura de maduración antes

Tabla 5.2. Requerimientos básicos para realizar los tratamientos de maduración forzada en paltas en California.

Recomendaciones actuales del uso de etileno	
Temperatura	: 15,5°C - 18°C
Humedad relativa	: 90 % - 95%
Concentración de etileno	: 10 ppm - 100 ppm
Duración tratamiento	: 8 h - 48 h
Concentración adecuada de CO ₂	: Flujo de aire debe permitir mantener los niveles de CO ₂ inferiores al 1%.

de ser tratadas con etileno, sólo por el tiempo necesario para iniciar el proceso de maduración natural del fruto. La duración del tratamiento con etileno será dependiente de los factores discutidos anteriormente, pero en general, fruta de cosecha temprana (inicio de la temporada) debería ser tratada por 24 h a 48 h y la fruta de cosecha tardía (término de la temporada) debería ser tratada por 8 h a 12 h. En esta línea, en la Unidad de Postcosecha INIA-La Platina se estudió el efecto, en paltas 'Hass' de dos productores, del tiempo de exposición de etileno (100 ppm aplicado como azetil) por 12 h, 24 h y 36 h luego de almacenaje a 5°C por 30 días en atmósfera controlada (AC; 4% O₂ y 6% CO₂) más 10 días en atmósfera regular, sobre el tiempo a 20°C a madurez de consumo. Para este estudio se consideraron dos estados de madurez diferente en función del productor, el productor 1 se muestreo con un 23,8% de materia seca y el productor 2 con un 31,8% de materia seca, indicando fruta temprana y tardía para los productores 1 y 2, respectivamente. Los resultados muestran que no existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el tiempo de exposición a etileno en fruta de los dos productores (**Figura 5.2**). Asimismo, solamente en el productor 1 (cosecha temprana), los tratamientos con etileno se diferenciaron significativamente con respecto al control sin tratamiento (Figura 5.2).

Otro estudio realizado en la Unidad de Postcosecha INIA-La Platina usando paltas 'Hass' de dos momentos de cosecha; cosecha 1 (26,3% materia seca y 11% aceite) cosecha 2 (29,0% materia seca y 12,5% aceite), permitió determinar el efecto conjunto entre la temperatura de

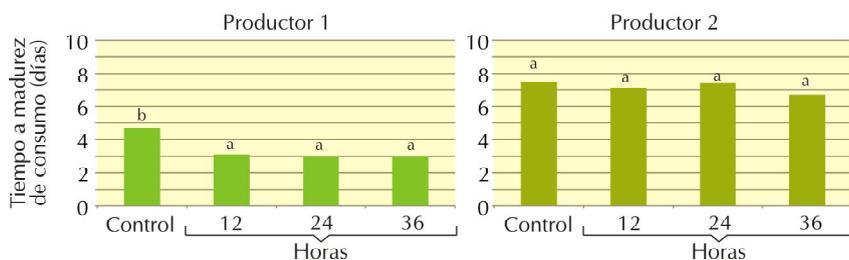


Figura 5.2. Efecto del tiempo de exposición a etileno (100 ppm de azetil) sobre el tiempo a madurez de consumo en paltas 'Hass' de dos productores; productor 1 (23,8% materia seca) y productor 2 (31,8% materia seca).

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas de los tratamientos por prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

almacenaje, de 4°C y 5°C y el tiempo de exposición a etileno (100 ppm de azetil), por 0 h, 24 h y 48 h. Los tratamientos con etileno se realizaron luego de 30 días de almacenaje antes de determinar los parámetros de calidad del fruto y el tiempo a madurez de consumo a 20°C. En ambas cosechas y temperatura de almacenaje, los resultados indicaron una significativa disminución de la firmeza con los tratamientos de 24 h y 48 h de etileno. Asimismo, para la temperatura de almacenaje de 5°C, el tratamiento de etileno por 48 h adelantó el cambio de color de las paltas de ambas cosechas estudiadas (**Tabla 5.3**).

Tabla 5.3. Efecto de la temperatura de almacenaje y tiempo de exposición a etileno (100 ppm de azetil) sobre la firmeza y color externo (escala 1-5; donde 1= verde y 5= negro) en paltas 'Hass' de dos cosechas y almacenadas por 30 días.

Etileno (C ₂ H ₄)	Cosecha 1 (26,3% materia seca)				Cosecha 2 (29,0% materia seca)			
	Firmeza (Lbf)		Color externo (1-5)		Firmeza (Lbf)		Color externo (1-5)	
	4°C	5°C	4°C	5°C	4°C	5°C	4°C	5°C
0 h (control)	51,4Bc	7,8Ab	2,0Aa	3,2Ba	63,8Bc	19,4Ac	1,6Ba	1,0Aa
24 h C ₂ H ₄	17,1Bb	1,7Aa	2,0Aa	3,6Bab	34,5Bb	8,6Ab	1,8Aa	1,8Ab
48 h C ₂ H ₄	7,1Ba	1,5Aa	2,0Aa	4,0Bb	3,2Aa	3,2Aa	2,0Aa	2,0Ab

Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas, por prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), entre temperaturas de almacenaje para un mismo periodo de exposición a etileno.

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas, por prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), entre tiempos de exposición a etileno para una misma temperatura de almacenaje.

En relación al tiempo en maduración a 20°C necesario para alcanzar madurez de consumo; en frutos de la cosecha 1 almacenados a 4°C la exposición a etileno disminuyó desde 7,5 días en el control a 5,1 días y 4,0 días en las exposiciones de 24 h y 48 h, respectivamente. En contraposición, en frutos almacenados a 5°C se observa un efecto marginal de 1 día en la reducción del tiempo a madurez de consumo con la aplicación de etileno por 48 h (**Figura 5.3**). Para el caso de la cosecha 2, etileno aplicado por 48 h redujo los días a madurez de consumo en 1 y 2 días para las temperaturas de almacenaje de 4°C y 5°C, respectivamente. Por lo tanto, los resultados de los estudios de INIA-La Platina publicados en este boletín, permiten indicar que los tratamientos con etileno en fruta de mayor estado madurez fisiológica (mayor materia seca) pueden ser menos efectivos en la reducción de los días a madurez de consumo que tratamientos con etileno en fruta de menor madurez fisiológica.

Por otro lado, la facilidad de desprender el pedúnculo de fruto podría ser usada como un indicador de la detención del tratamiento con etileno. Generalmente en este momento las paltas deberían estar parcialmente blandas. Luego del tratamiento la fruta debería ser enfriada a 5°C antes de ser comercializada; sin embargo en algunos frutos el ablandamiento puede continuar incluso a 5°C. Una vez que la fruta es expuesta a 20°C ('shelf life' o temperatura de comercialización) la maduración del fruto debería completarse en uno a tres días.

Como comentarios finales es importante señalar que el manejo de los frutos luego de los tratamientos con etileno debería ser mínimo, especialmente cuando la fruta está completamente madura. Esto se debe a que los frutos maduros son extremadamente sensibles a daños mecánicos. En esta línea, es importante controlar la tasa de maduración de los frutos con el correcto manejo de la temperatura. Asimismo, no es recomendable realizar los tratamientos con etileno en fruta de largo almacenaje en destino (más de una semana) debido a que los estudios realizados en California (EUA) y otros países han demostrado que frutos que están parcialmente maduros son más propensos a desarrollar síntomas internos de daño por frío en almacenaje a 5°C.

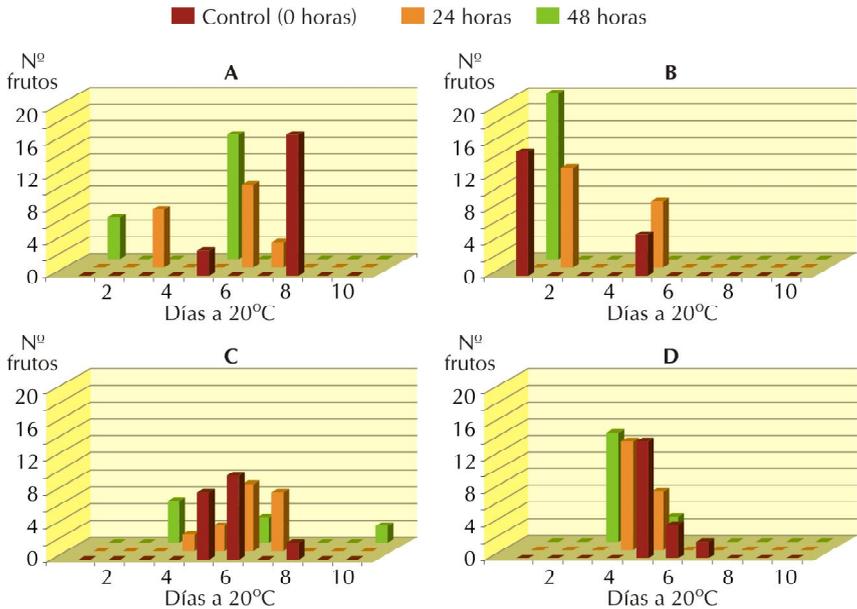


Figura 5.3. Dispersión de los días a 20°C hasta alcanzar madurez de consumo en palta 'Hass' de la cosecha 1 (A-B; 26,3% materia seca) y cosecha 2 (C-D; 29% materia seca) almacenadas a 4°C (A-C) ó 5°C (B-D) por 30 días y tratadas con etileno (100 ppm azetil) por 0 h (control), 24h o 48 h.

LITERATURA CITADA

- Eaks, I.L. 1978. Ripening, respiration and ethylene production of 'Hass' avocado fruits at 20 to 40°C. *J. Amer. Hort. Sci.* 103(5):576-578.
- Young, R.E. 1979. Ripening avocado fruit. *CA Avocado Yearbook.* 63:79-80.

PREDICTORES DEL COMPORTAMIENTO EN POSTCOSECHA DE PALTA

Raúl Ferreyra E.
Bruno Defilippi B.
Jorge Saavedra T.
Gabriel Sellés Van Sch.
Paula Robledo M.

Mary Lu Arpaia.
Daniela Karlezi Sch.
Jonathan Crane.
Bruce Schaffer.
Pilar Gil M.

Chile exporta aproximadamente el 60% de su producción de palta. Sin embargo, el creciente aumento de las plantaciones en Chile, más la amenaza de otros países productores (como México y Perú), prevén una disminución de precios y una sobre oferta en destino, lo que implica un aumento en las exigencias en los mercados de destino. Arpaia (2003) en este sentido indica que la fruta chilena que llega a EE.UU. presenta una gran variación en maduración dentro de una misma caja y/o pallet (conocido como *checker boarding* en inglés) y, por lo tanto, es difícil predecir el tiempo de maduración dificultando su comercialización.

Según Ferreyra *et al.* (2007), los huertos en Chile se han plantado en una amplia gama de condiciones de suelo y clima, que junto a diferencias en el manejo del cultivo son responsables en gran medida de la alta variabilidad de la fruta en postcosecha. Además, a nivel de *packing* no se dispone de una estrategia que permita segregar la fruta de acuerdo a su potencial de vida de postcosecha. En otros frutales, como kiwi y manzanas, para disminuir esta variabilidad en los embarques se han desarrollado relaciones entre indicadores a nivel de campo y la vida de postcosecha de la fruta.

Por lo anterior, INIA con financiamiento de INNOVA-CORFO, ejecutó proyectos que tenían como objetivo conocer el efecto de diferentes indicadores de precosecha sobre la vida de postcosecha de la fruta, de manera de disponer de un procedimiento e indicadores que permitan

estimar el comportamiento de la fruta en almacenamiento/destino, tanto almacenadas o enviadas en atmósfera normal y controlada.

6.1. ENSAYOS 2010 - 2013

Para ejecutar el trabajo se seleccionaron 42 sitios plantados en diferentes condiciones de clima, topografía y suelo, de manera de poder relacionar condiciones de precosecha con la vida postcosecha de la fruta, a través de experimentos que simulan los envíos de fruta a mercados distantes en atmósfera regular.

Los 42 sitios experimentales estuvieron conformados por al menos 6 plantas homogéneas de la variedad 'Hass' sobre patrón Mexicola, a las que se les midió Fe, Ca, Zn, B, N, K, en hoja (marzo) y en fruto (cosecha); porcentaje de brote silépticos; nivel de clorofila en las hojas a través de SPAD; temperatura máxima media de enero; temperatura mínima media de julio; evapotranspiración potencial; altitud; exposición; agua aplicada, edad de la fruta, vigor, entre otros.

Para evaluar la vida postcosecha de los distintos sitios, la fruta se almacenó en frío (4 a 5°C) en atmósfera regular por 25; 35 y 45 días, y posteriormente la fruta fue mantenida a 20°C por un período que permita adquirir una firmeza de consumo (2-3 Lbf de firmeza). A la salida de frío y madurez se evaluó firmeza, color, incidencia de desórdenes fisiológicos y pudriciones.

Los datos recolectados durante las tres temporadas se analizaron a través de diferentes procedimientos estadísticos. Como primer paso se depuraron variables a través de regresiones simples y análisis por componentes principales PCA el cual consiste en un método de explicación de varianza multivariante mediante algoritmo NIPALS. Como segundo paso se desarrollaron modelos predictivos a través de regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS). El método de análisis es un modelo soft modelink que no obedece al modelamiento tradicional y no requiere supuestos buscando todas las posibles correlaciones entre la matriz X (variables de precosecha), Y (variables de calidad y condición de postcosecha) simultáneamente.

6.1.1. Relación entre los diferentes indicadores de vida útil de la fruta

Los indicadores de vida útil de la fruta estudiados fueron: firmeza de la fruta a la salida de almacenaje en frío (**Foto 6.1**), duración de la fruta en mostrador; porcentaje de fruta que la epidermis vira a negro a la salida de almacenaje en frío (**Foto 6.2**), y porcentaje de fruta con pardeamiento de pulpa y vascular a madurez de consumo. Existe una muy alta relación entre la firmeza de la fruta y los días de duración en mostrador, lo que significa que estos indicadores de vida en postcosecha están afectando por parámetros fisiológicos similares, posiblemente

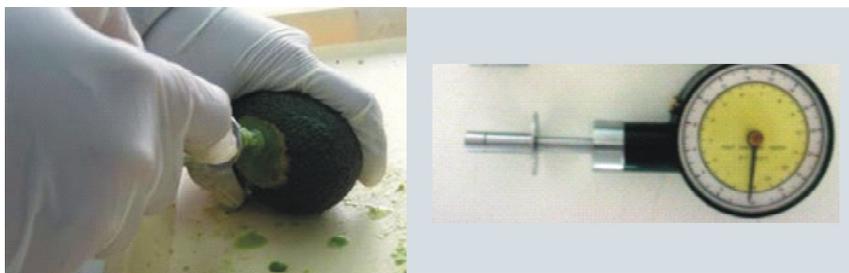


Foto 6.1. Medición de firmeza de la fruta.

Niveles de firmeza en palta: 60 a 50 Lbf = firmeza de la fruta a cosecha; 1 a 2 Lbf = firmeza a consumo (la palta se puede moler); y sobre 30 Lbf a la salida de frío es una con adecuada firmeza para ser comercializada.



Foto 6.2. Viraje de color a negro de la epidermis a la salida de frío.

En este estudio se considero fruta virada a negro en las notas 4 y 5.

asociados a características de la pared celular (**Figura 6.1**). El viraje a negro del color de la epidermis está relacionado con la firmeza pero en menor magnitud que los días de duración en mostrador. La fruta que tiene una mayor tendencia a virar de color su epidermis durante el almacenamiento en frío es la que tiene firmeza menores a 30 Lbf y la fruta que presenta alguna posibilidad de tener pardeamiento de pulpa y vascular es la que tiene firmeza inferior a 45 Lbf. En un estudio realizado en EE.UU se determinó que los principales problemas a la llegada a puerto son principalmente el ablandamiento de la fruta, seguido por antracnosis (Capellini *et al.*, 1988). Esto coincide por lo reportado por Nelson *et al.* (2001) quienes señalan que el mayor problema de calidad en el cv. 'Hass' es el ablandamiento y el pardeamiento de pulpa al momento de llegar a puerto.

Los datos utilizados en este análisis son 366 puntos después de 35 días almacenado en frío entre 4 -5°C y 366 puntos después de 45 días almacenado en frío a 5°C.

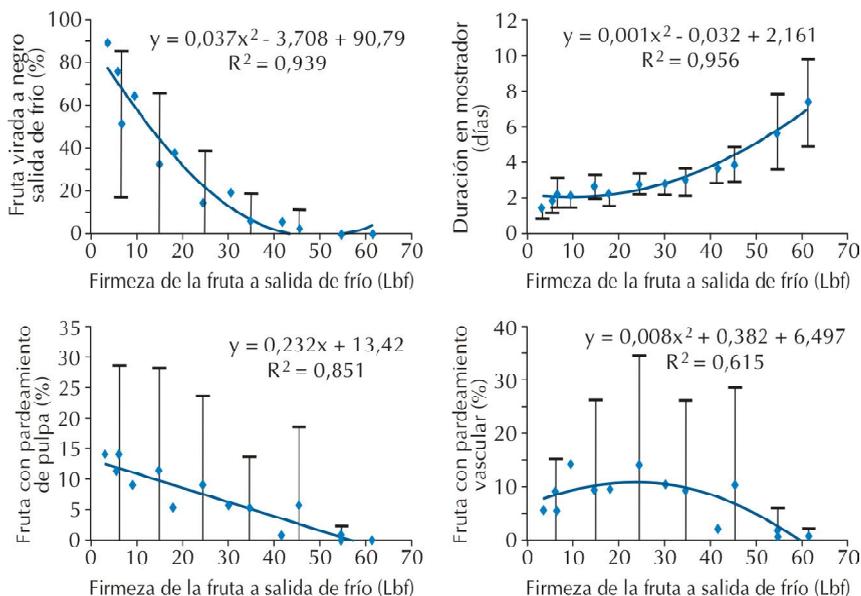


Figura 6.1. Relación entre la firmeza de la fruta a la salida de frío; viraje de color de la epidermis a la salida de frío y el pardeamiento de pulpa y vascular en mostrador.

6.1.2. Factores de precosecha que afectan la calidad de postcosecha de la palta

Es conocido que el comportamiento de la fruta en postcosecha es el resultado de la combinatoria de la genética más el efecto del entorno, y de esta manera se conforma una matriz multifactorial con numerosas interacciones que finalmente se reflejan en productividad y calidad. De esta manera, reconociendo que los procesos son de una complejidad significativa, en la cual los factores confluyen en diferentes maneras. La propuesta de este trabajo ha sido estudiar los diversos enfoques en forma secuencial de manera de ir dilucidando el nivel de aporte en las respuestas, y en cierta manera jerarquizándolo. Por lo indicado, a partir de la información generada y utilizando modelos predictivos (PLS), se pudo conocer y jerarquizar los factores de precosecha que más afectan la calidad y condición de la fruta en postcosecha.

En la **Figura 6.2** se presentan los modelos PLS desarrollados para predecir la firmeza de la fruta a la salida de frío (Lbf) después de estar almacenada durante 35 y 45 días en frío (4-5°C), lo cual simula una condición de viaje en barco (sin tecnología complementaria) a diferentes destinos.

Los factores que están afectando la firmeza de la fruta a la salida de frío son los que tienen más importancia de las variables en la proyección. En este modelo se aprecia que los factores que más afectan la firmeza de la fruta en orden son la materia seca de la fruta a cosecha (msec0); la temperatura mínima media (Tminmedia); la cantidad de agua aplicada en primavera, septiembre (agua septiembre); el índice de área foliar (IAF); la densidad de plantas por hectáreas (plantporha); la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (intercepci); porcentaje de brotes silépticos (silépticos) la amplitud térmica (amplitudT); la temperatura media (Tmedia); altitud del huerto sobre el nivel del mar; la relación N/Ca que presenta la pulpa a cosecha (N/Ca); la concentración de Ca en la pulpa a la cosecha (TF Ca) y la relación Ca/K en la pulpa a la cosecha (Ca/K) (variables hacia los extremos del modelo PLS).

En general las variables "X" que están en el mismo cuadrante que la variable "Y", la afecta en forma directa a la firmeza. Por el contrario, las

en septiembre los valores bajo como altos afectan la firmeza de la fruta a la salida de frío como se mostrará más adelante.

Los resultados de este trabajo concuerdan con lo informado por diferentes autores respecto al efecto del calcio, el que es afectado por el exceso de vigor de los brotes durante el período de división celular (nitrógeno), y déficit o exceso de agua en primavera, que afectan el transporte del calcio desde el suelo a los puntos de crecimiento. En este trabajo también se observa que hay factores climáticos y de desarrollo de la canopia que están afectando la firmeza de la fruta y vida de la fruta en mostrador (Figura 6.2). Los factores de clima (temperaturas), nitrógeno, edad del árbol y altitud están determinando los días que la fruta demora en lograr los niveles de materia seca recomendados para la cosecha, que junto con los niveles de aceites en la fruta (materia seca) a cosecha y edad del árbol están siendo un estimador de la edad de la fruta. La fruta con más edad presenta en general las paredes de sus células más deterioradas, y por lo tanto afectarían la vida de postcosecha. Mientras más tiempo permanezca el fruto en el árbol éste continúa su crecimiento, luego el contenido de algunos minerales decrece, lo que conlleva a una inestabilidad de las membranas celulares lo que facilita el desarrollo de desórdenes fisiológicos en postcosecha (McOine y Wolstenholme, 1982). Según Dixon *et al.* (2003), en una investigación realizada con cv Hass en Nueva Zelanda, se reporta que la calidad de la fruta en postcosecha es inferior cuando es cosechada tarde en la temporada.

Como aparece en la Figura 6.2, el desarrollo de la canopia también es un factor importante en la condición y vida útil de la fruta en postcosecha. Esto podría estar relacionado con el nivel de carbohidratos en la fruta (fotosíntesis), ya que éstos son importantes en términos de calidad de la fruta, ya que se necesitan para la respiración y maduración normal (Tesfay, 2009). 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, especialmente si la fruta se somete a largos períodos de baja temperatura necesarios para el envío a mercados distantes. El contenido de carbohidratos neto de la fruta a la cosecha depende la fotosíntesis, y ésta del tamaño de la canopia, nutrición y suministro hídrico al árbol. Por lo cual hay que tener huertos con una

adecuada canopia, pero no con excesivo vigor en primavera, para lograr fruta de adecuada condición y vida útil en postcosecha.

La mayoría de los factores que afectan la firmeza a la salida de frío son los mismos que afectan la vida de la fruta en mostrador y viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío como se observa en la **Figura 6.3**. En esta figura se presentan las variable "Y" firmeza; viraje de color de la epidermis de la fruta a la salida de frío y la vida de la fruta en mostrador en un mismo análisis PLS. En la Figura 6.3 se observa que las variables que afectan el viraje de color de la epidermis de la fruta y duración en mostrador son las mismas que afectan a la firmeza de la fruta a la salida de frío. Esto es concordante con la información mostrada en la Figura 6.1 donde se aprecia que existe una relación importante entre firmeza de la fruta, vida de la fruta en mostrador y viraje de color de la epidermis.

Respecto a los desórdenes fisiológicos los modelos presentaron ajustes menores que para los otros indicadores de calidad y condición en postcosecha. Esto se puede deber a que el porcentaje de fruta que presenta desordenes fisiológico es bajo por lo cual la muestra de fruta a analizar debiera ser mayor.

En la **Figura 6.4** se presenta un modelo conceptual donde se aprecian los factores que afectan la condición y vida útil de la fruta obtenidas en los análisis PLS.

En resumen los factores que afectan la condición de la fruta en postcosecha podrían estar relacionados con el estado de la pared celular, la edad de la fruta y los niveles de carbohidrato. El estado de la pared celular estaría relacionado con los niveles de calcio en pulpa a cosecha, que a su vez podrían depender de los niveles de nitrógeno en pulpa y del suministro hídrico en primavera. La edad de la fruta, de las condiciones climáticas y el contenido de materia seca a cosecha. El nivel de carbohidratos, con el índice de área foliar que a su vez dependería de factores de manejo como nutrición, riego, suelo etc. Por lo tanto es posible utilizar indicadores como calcio y nitrógeno en pulpa, edad de la fruta, materia seca e índice de área foliar (vigor) como indicadores para predecir la condición de la fruta en postcosecha.

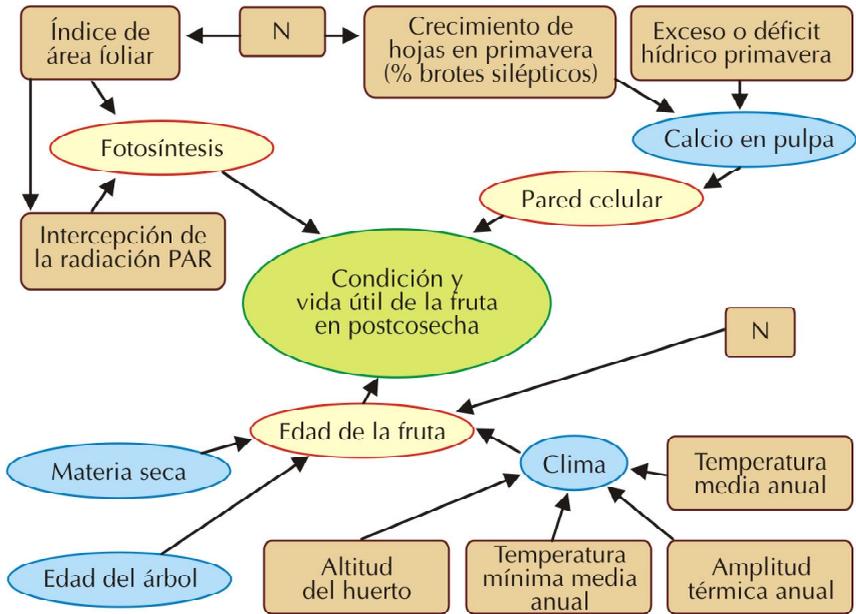


Figura 6.4. Modelo conceptual de los factores que afectan la firmeza; viraje de color de la epidermis y la vida de la fruta en mostrador de la fruta a la salida de frío almacenada en atmósfera normal.

6.1.3. Valores límites de indicadores que afectan la calidad y condición de postcosecha de la palta en atmósfera normal

Para definir la magnitud y el rango en que varían las diferentes variables independientes estudiadas se realizaron regresiones simples. Jarvis (1976) estudió fenómenos influenciados por un gran número de variables, como es la conductancia estomática y la actividad fotosintética en los vegetales, y lo que propone es que este tipo de fenómenos presentan un modelo de dispersión, llamada también nube de datos, señalando que para que se genere esta nube de datos se requiere de un gran espectro de mediciones. Este modelo de dispersión forma un límite superior relativamente claro y definible donde se concentran los casos que indica la respuesta a la variable estudiada, cuando las otras variables no son limitantes. Lo que se encuentra por debajo de este límite

son variables dependientes que son influenciadas por otros factores no necesariamente por la variable independiente estudiada.

En la **Figura 6.5** se presentan a modo de ejemplo, algunas de las regresiones realizadas para las variables más importantes detectadas en los análisis multivariante con regresiones PLS. En todas ellas se observa un modelo de dispersión formando un límite superior relativamente claro

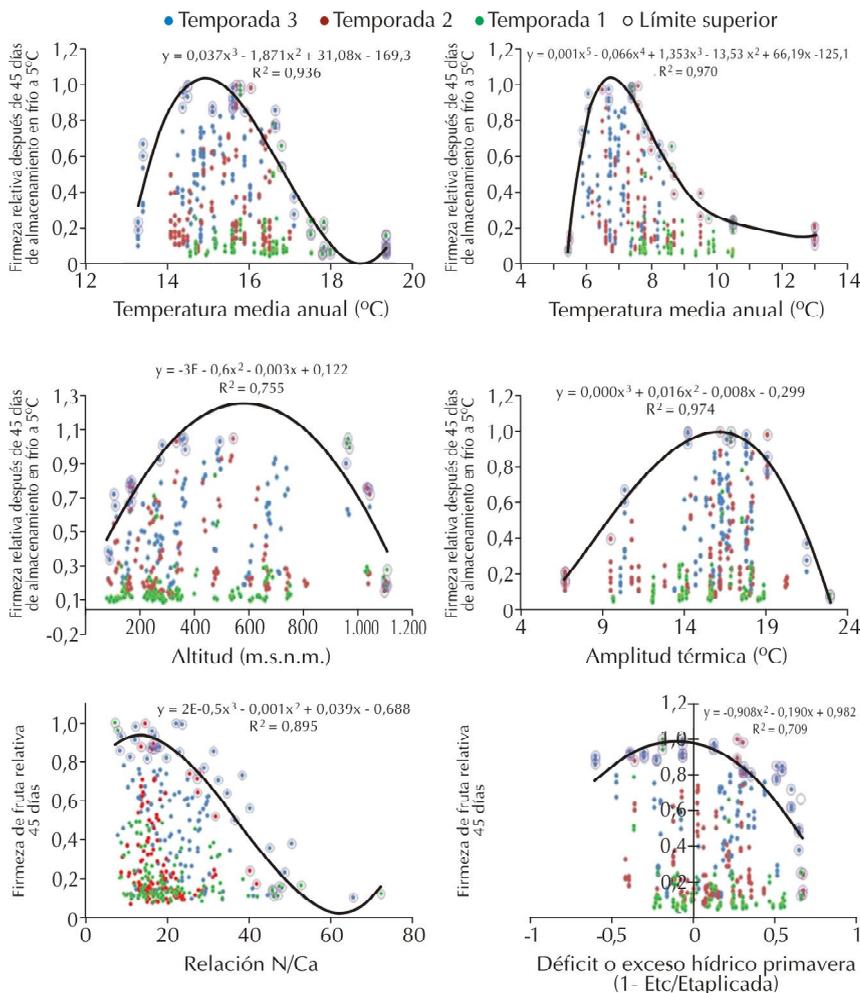


Figura 6.5. Regresiones simples de variables climáticas, nutricionales y agua que afectan la calidad y condición de la fruta en postcosecha.

y definible. A partir de estos análisis se obtuvieron límites donde la posibilidad de encontrar fruta de mejor condición y mayor vida útil. Los valores obtenidos antes indicados aparecen en el **Tabla 6.1**.

Tabla 6.1. Límites donde la posibilidad de encontrar fruta de mejor condición y mayor vida útil.

Indicadores	Mayor riesgo	Menor riesgo
Materia seca a cosecha (%)	>27,5	<27,5
Temperatura mínima media (°C)	<6 - >8	6 - 8
Déficit de agua aplicada en primavera (%) (sep) (L agua aplicada/Etc)	>0,4	<0,4
Excesos de agua aplicada en primavera	>0,35	<0,35
Intercepción radiación follaje (PAR bajo/sobre follaje) (%)	>18	<18
Amplitud térmica (°C)	<14 - >19	14 - 19
Temperatura media (°C)	<14,5 - >16,5	14,5 - 16,5
Relación N/Ca a cosecha	>22	<22
Ca pulpa a cosecha (%)	<0,06	>0,06
Altitud (m.s.n.m)	<240 - >900	240 - 900
Período entre floración (días)	>360	<360
Edad de los árboles (años)	>10	<10
N en pulpa a cosecha (%)	>1,1	<1,1

La información reportada en el Tabla 6.1 puede ser utilizada para estimar con antelación la condición y vida útil de la fruta en postcosecha, de acuerdo al número de variables en condición de alto riego y a su importancia. En resumen, a partir de esta información se pueden tener valores para poder segregar lotes de fruta de acuerdo a su destino, a partir de los niveles de calcio, nitrógeno, relación N/Ca, edad de la fruta y contenido de materia seca a cosecha.

6.2. ENSAYOS 2012 - 2014

Para ejecutar esta parte del trabajo se seleccionaron 12 sitios plantados en diferentes condiciones de clima, topografía y suelo, de manera de poder relacionar condiciones de precosecha con la vida postcosecha de la fruta, a través de experimentos que simulan los envíos de fruta a mercados distantes en atmósfera regular (o normal) y controlada, siendo esta última la principal tecnología para complementar el uso de frío.

Para evaluar la vida postcosecha de los distintos sitios, la fruta se almacenó en frío (4 a 5°C) en atmósfera controlada (CO₂ 6% y O₂ 4%), y normal por 40 y 55 días. Posteriormente la fruta fue mantenida a 20°C por un período que permita adquirir una firmeza de a 2-3 Lbf (madurez de consumo). Los datos recolectados, durante las dos temporadas (2012/2013 y 2013/2014) se analizaron a través los mismos procedimientos estadísticos indicados en el punto 6.1.

6.2.1. Factores de precosecha que afectan la calidad de postcosecha de la palta

En estos ensayos se pudo comprobar que en general los mismos factores de precosecha ya analizados afectaron la condición de postcosecha de la fruta almacenada en frío con atmósfera normal en las temporadas 2012-2014. En el PLS presentado en la **Figura 6.6** se muestran los factores que más afectaron la firmeza de la fruta en postcosecha en estas nuevas temporadas.

Como se explicó en el capítulo "Tecnologías de postcosecha en palta Hass" de este boletín, el uso de atmósfera controlada presenta una serie de beneficios respecto al uso de atmósfera regular, especialmente con períodos prolongados de almacenamiento/envío como de 55 días. Estas ventajas se traducen en una mejor firmeza de pulpa a salida de frío, menor viraje de color de cáscara y menor incidencia de problemas fisiológicos, entre otros (**Tabla 6.2**). Además, basados en la desviación de los datos respecto al promedio para cada variable medida, es posible concluir que el uso de atmósfera controlada además disminuiría la heterogeneidad respecto a la fruta almacenada en atmósfera regular.

En la **Figura 6.7** se analiza la relación entre los factores de precosecha y la firmeza a la salida de frío bajo almacenamiento en atmósfera controlada. En esta figura se observa que los factores de precosecha que afectaban la postcosecha en atmósfera normal, como Ca y N en pulpa, clima, materia seca, e IAF, tienen muy poca influencia sobre la variable firmeza. Sólo se mantienen como factores importantes el nivel de agua aplicado y aparece otro factor como el nivel de Mg en pulpa.

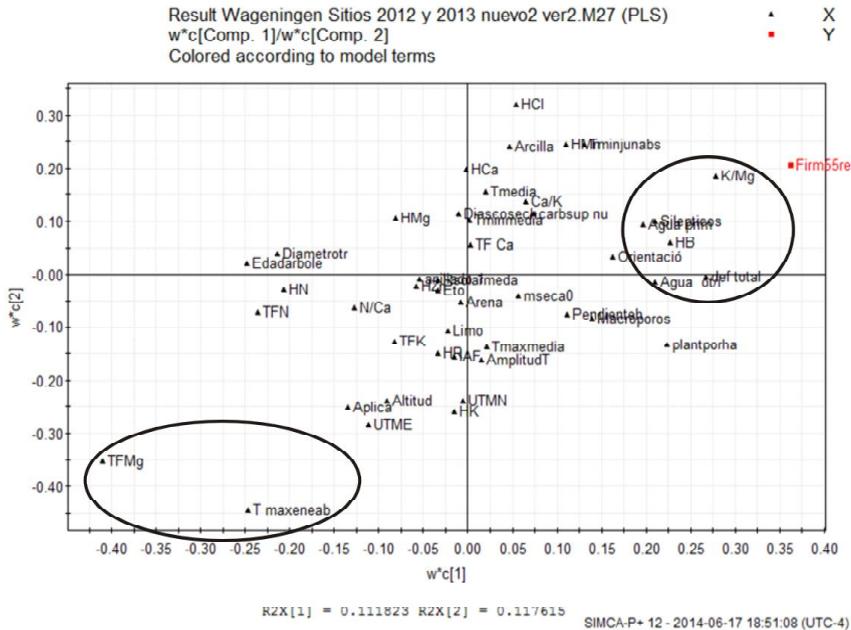


Figura 6.7. Modelo PLS desarrollado para predecir la firmeza, que tendría la fruta después de estar 55 días almacenada en frío (4 - 5°C) en atmósfera controlada.

Firm55rel = Firmeza de la fruta a la salida de frío después de estar 55 días almacenada a 5°C en atmósfera controlada. El valor más alto indica que la fruta presenta una mayor firmeza a la salida de frío. Las variables "x" que está hacia los extremos influye sobre la variable "y". Las variables "x" en el mismo cuadrante de la variable "y" afectan directamente y la del cuadrante opuesto inversamente. Por lo cual, el modelo indica que si no hay déficit de agua en la temporada (deftotal) y en primavera (aguaprim) existe un buen número de brotes silépticos la fruta presenta una mejor firmeza a la salida de frío. Por otra parte el modelo PLS indica que mientras mayor es el nivel de Mg en pulpa y la temperatura máxima de enero menor es la firmeza a la salida de frío. Significancia $R^2y = 0,68$; Explicación $Q^2 = 0,45$ $N = 366$ en cada una de las dos temporadas.

LITERATURA CITADA

- Arpaia M.L., Smilanick J., Margosan D., Woolf A. and White, A. 2003. Avocado postharvest quality. Proceedings of the California Avocado Research. Symposium: 125-139. California Avocado Commission.
- Capellini, R.A., Ceponis, M.J. and Lightner, G.W. 1988. Disorders in avocado, mango and pineapple shipments to the New York market, 1972-1985. *Plant Dis.* 72:81-85.
- Dixon, J., Pak, H., Mandemaker, A.J., Smith, D.B. and Elmsly, T.A., Cutting, Jonathan, G.M. 2003. Fruit age management: the key to successful long distance export of New Zealand avocados. *New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report 3*: 60-65.
- Ferreya, R. y Sellés, G. (ed.). 2007. Manejo del Riego y Suelo en Palto. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 160. 120 p.
- Jarvis, P.G. 1976. The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. *Phil. Trans. R. Soc. London. B.* 273: 593-610.
- McOnie, A.J. and Wolstenholme, B.N. 1982. Avocado fruit growth and maturity in two natal localities. Department of Horticultural Science, University of Natal. *South African Avocado Growers' Association Yearbook 1982.* 5:76-77.
- Nelson R.M., Bezuidenhout, J.J. and Donkin, D.J. 2002. Factors influencing export fruit quality: 2001 season. *South African Avocado Growers' Association Yearbook 25*:54-62.
- Tesfay, S.Z. 2009. Special carbohydrates of avocado - their function as "sources of energy" and "antioxidants". PhD Thesis, University of KwaZulu-Natal, South Africa.

SABOR EN PALTA 'HASS': ALGO MÁS QUE SÓLO ACEITE

*Mauricio González A. | Alejandra Morgan C.
Amaya Busto R. | Bruno Defilippi B.*

El sabor de la palta es relacionado generalmente con un moderado/alto contenido de aceite, siendo además este parámetro determinante para establecer su momento de cosecha. Sin embargo, el sabor de las frutas es un atributo complejo y caracterizado por distintos componentes como azúcares, ácidos orgánicos, lípidos, compuestos volátiles, entre otros. Existen numerosos estudios respecto al sabor y a los compuestos que lo determinan en diversos frutos. Sin embargo, y si bien la palta tiene una composición bastante única que la distingue de otras frutas, son pocos los trabajos en este tópico que se centran en esta fruta. El identificar los compuestos que caracterizan a esta particular fruta y su comportamiento durante la maduración, puede ser de gran importancia para determinar su impacto en los caracteres organolépticos que definen a una palta de calidad.

7.1. DESARROLLO, MADURACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA PALTA

La palta es una baya de piel verde oscura y de pulpa verde, con una gran semilla, donde el 70% del fruto lo constituye la pulpa, el 14% la piel, y la semilla el 16% restante. El crecimiento de esta fruta en el árbol describe una curva sigmoidea caracterizada por un período inicial de alto crecimiento, en donde ocurre una rápida división celular que se extiende a lo largo del desarrollo hasta el momento en que el fruto está listo para ser cosechado (Van den Dool y Wolstenholme, 1983). Como se ha observado anteriormente, el proceso de maduración de este fruto sólo comienza cuando el fruto se cosecha teniendo una de las tasas más rápidas de maduración de las frutas climatéricas, caracte-

rizada por un aumento importante de la tasa respiratoria y de producción de etileno. Es durante esta etapa de maduración que en los frutos se producen una serie de cambios bioquímicos y fisiológicos, que determinan variadas características también conocidas como "criterios de calidad" para el consumidor que son: apariencia (tamaño, color, forma y aparición de defectos internos y/o externos), textura, valor nutricional y sabor (Wills *et al.*, 2007).

El término "sabor" se define como el atributo de comidas, bebidas y condimentos que describe la combinación de percepciones que resultan de la estimulación de los sentidos que están agrupados en la entrada del tracto respiratorio y alimenticio. El sabor es un atributo complejo que incluye la interacción entre varios componentes que determinan el sabor (o "gusto") y el "aroma", siendo influenciado por un gran número de metabolitos primarios y secundarios, genes e interacciones fisiológicas y genéticas entre estos (Klee, 2010). Por aroma se entiende como el olor de una comida. A diferencia del "olor" de un producto, el cual es detectado cuando los volátiles entran al pasaje nasal (voluntaria o involuntariamente) y son percibidos por el sistema olfatorio, los compuestos aromáticos son los volátiles emitidos por una sustancia dentro de la boca y percibidos por el sistema olfatorio (Meilgaard *et al.*, 2007).

La palta es un fruto de alto valor nutritivo, su composición bioquímica está basada en una alta cantidad de lípidos o grasas, teniendo la palta variedad 'Hass' un 20% de ellos. Además, contiene un 68,4% de agua, un 7,8% de hidratos de carbono y un 1,8% de proteínas (Cresswell, 1970). Los autores Dreher y Davenport (2013) hacen una revisión acerca de la composición de esta fruta y los efectos benéficos de su consumo en la salud humana. Utilizando esta información más la que entrega el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>), hemos generado una tabla con la composición química de una porción comestible de palta (**Tabla 7.1**). Esta particular fruta contiene gran parte de las vitaminas presentes en el reino vegetal (vitaminas A, C, D, B6 y E) y debido a su particular composición, su ingesta puede contribuir a combatir los riesgos de enfermedades cardiovasculares y algunas enfermedades metabólicas (Bergh, 1992). Por ejemplo, la ingesta de 100 g de palta nos aporta un quinto

Tabla 7.1. Composición de una porción comestible de palta.

Nutriente (unidad)	Valor en 100 g	1 Fruta 136 g*
Agua (g)	72,3	98,4
Proteínas (g)	2,0	2,7
Carbohidratos, por diferencia (g)	8,6	11,8
Fibra dietaria total (g)	6,8	9,2
Azúcares totales (g)	0,30	0,41
Sacarosa (g)	0,06	0,08
Glucosa (dextrosa) (g)	0,08	0,11
Fructosa (g)	0,08	0,11
Galactosa (g)	0,08	0,11
Almidón (g)	0,11	0,15
Lípidos totales (g)	15,4	21,0
Ácidos grasos saturados totales (g)	2,13	2,89
Palmítico 16:0 (g)	2,08	2,82
Ácidos grasos monoinsaturados totales (g)	9,80	13,33
Palmitoleico 16:1 (g)	0,70	0,95
Oleico 18:1 (g)	9,07	12,33
Ácidos grasos polinsaturados totales (g)	1,82	2,47
Linoleico 18:2 (g)	1,67	2,28
α -Linoléico 18:3 (g)	0,13	0,17
Potasio (mg)	507,0	690,0
Fósforo (mg)	54,0	73,0
Magnesio (mg)	29,0	39,0
Calcio (mg)	13,0	18,0
Sodio (mg)	8,0	11,0
Zinc (mg)	0,7	0,9
Hierro (mg)	0,6	0,8
Vitamina A (μ g)	7,0	10,0
Vitamina B6 (mg)	0,29	0,39
Vitamina C, ácido ascórbico total (mg)	8,8	12,0
Vitamina K (filoquinona) (μ g)	21,0	28,6
Vitamina E (alfa-tocoferol) (mg)	2,0	2,7
Beta tocoferol (mg)	0,04	0,05
Gama tocoferol (mg)	0,32	0,44
Delta tocoferol (mg)	0,02	0,03
Tiamina (mg)	0,08	0,10

Continuación Tabla 7.1.

Nutriente (unidad)	Valor en 100 g	1 Fruta 136 g*
Riboflavina (mg)	0,14	0,19
Niacina (mg)	1,9	2,6
Folato DFE (µg)	89,0	121,0
Beta caroteno (µg)	63,0	86,0
Alfa caroteno (µg)	24,0	33,0
Beta criptoxantina (µg)	27,0	37,0
Luteína + zeaxantina (µg)	271,0	369,0

* Fruta madura, sin piel y sin semilla.

de las necesidades diarias de vitamina C, B6 y E (Dreher y Davenport, 2013). En lo que respecta a minerales, esta fruta es un alimento rico en potasio (sobre 500 mg en 100 g de palta) y bajo en sodio (sólo 8 mg en 100 g), lo cual ayudaría a controlar la presión arterial y con ello el riesgo de la presencia de accidentes vasculares.

Dentro de los principales componentes que influyen en la calidad de la palta, se destacan los lípidos debido a la alta proporción que tienen en esta fruta y los compuestos volátiles, especialmente los provenientes de la ruta de degradación de lípidos que tienen un alto impacto a nivel olfatorio. Por ende, los lípidos y los volátiles en conjunto con otros componentes que se encuentran en menor proporción pueden ser capaces de afectar la percepción del consumidor a cierto tipo de alimento y por supuesto en la palta.

7.2. LÍPIDOS Y ÁCIDOS GRASOS

Los lípidos o grasas aportan energía y ácidos grasos esenciales (que no son sintetizados por el organismo de los seres humanos) para diversas funciones del cuerpo y sirven como transporte a las vitaminas A, D, E y K. Según datos de la OMS un hombre promedio debería consumir cerca de 2.500 calorías (Kcal) al día, esto significa que debería tener una ingesta entre 40-80 g de lípidos dependiendo de su edad y actividad física. Los lípidos son compuestos que contienen uno o más ácidos

grasos y es esta combinación la que determina las características físicas y nutricionales del lípido. Éstos son los componentes principales de la pulpa de la palta (60-80% de la materia seca), siendo la cantidad y calidad de lípidos presentes los principales responsables del sabor, textura y cualidades nutricionales del fruto (Yousef y Hassaneine, 2010). Los lípidos son sintetizados sólo durante el crecimiento del fruto en el árbol y no durante la maduración (Requejo-Tapia *et al.*, 1999); y es por ende, que en ese momento se determina la composición lipídica que va a tener el fruto una vez que éste llegue a la maduración.

En el mesocarpo de la palta se pueden encontrar ácidos grasos de cadena larga, con 16 o más átomos de carbono (Kikuta y Erickson, 1968). Los tipos de lípidos que contiene este fruto incluye tanto tri- como di- y monoglicéridos. Según la IUPAC (*Internacional Union of Pure and Applied Chemistry*) se establece que la nomenclatura para los ácidos grasos se debe indicar: el número de carbonos, la cantidad y la posición de los dobles enlaces, entre otros. Por ejemplo, C18 representa un ácido graso de 18 carbonos. Si es saturado (esto significa sin dobles enlaces) se designa como C18:0, y si es insaturado, dependiendo del número de dobles enlaces, será C18:1, C18:2, o C18:3, cuando es mono, di- o tri-insaturado, respectivamente (Valenzuela, 2008). En paltas maduras aproximadamente el 85% de estos lípidos son triglicéridos y están normalmente destinados como material de almacenamiento para proporcionar fuentes de carbono y energía. Cien gramos de esta fruta pueden llegar a contener 2,1 g de ácidos grasos saturados; 9,8 g de monoinsaturados y 1,8 g de ácidos grasos poliinsaturados.

Respecto al contenido de ácidos grasos, los más abundantes en el mesocarpo de la palta corresponden en orden decreciente a: ácido oleico (composición 18:1), palmítico (16:0), linoleico (18:2), palmitoleico (16:1) y α -linolénico (18:3) (Requejo-Tapia *et al.*, 1999; Schwartz *et al.*, 2007). Por consiguiente, debido a su bajo porcentaje de grasas saturadas y alto contenido de ácido oleico, la palta puede contribuir a combatir enfermedades cardiovasculares. El perfil de ácidos grasos, aunque varía según el tiempo de cosecha, no parece estar relacionado con el evento de maduración en sí (Meyer y Terry, 2010). Al estudiar el perfil de ácidos grasos se puede observar que el mayor cambio ocurre entre el principio y el final de la temporada de cosecha,

en donde los ácidos oleico, linoléico y linolénico son los ácidos grasos que más cambios presentan (Kaiser y Wolstenholme, 1994; Requejo-Tapia *et al.*, 1999; Meyer y Terry, 2010). Las tres familias de ácidos grasos insaturados que tienen importancia biológica se derivan del ácido oleico, del ácido linoleico y del ácido linolénico. Estos ácidos orgánicos son los predominantes en la palta y sirven como sustrato para la síntesis de una serie de otros ácidos grasos insaturados de cadena larga mediante una serie de procesos de elongación de la cadena carbonada y de desaturación de dobles enlaces, conformando familias de compuestos denominados ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (PUFA, polyunsaturated fatty acids) (Benatti, *et al.*, 2004). Estos PUFAs pueden tener efectos beneficiosos sobre diversos procesos fisiológicos en la salud normal de un individuo o sobre enfermedades crónicas, tales como el de regular los niveles de plasma, la función inmune y cardiovascular, la acción de la insulina, el desarrollo neuronal y la visión. En el capítulo 8 de este boletín se revisa cómo las condiciones agroclimáticas afectan la composición de ácidos grasos de palta var. 'Hass' producida en Chile.

7.3. COMPUESTOS AROMÁTICOS

Otro componente crucial en la percepción del consumidor respecto a la calidad de la fruta son los volátiles aromáticos que determinan o generan el aroma característico de un producto. El aroma es un atributo complejo de estudiar y analizar debido a la falta de un vocabulario estándar entre personas y por la amplia variedad de volátiles. Se han descrito más de 17.000 diferentes tipos de olores, de los cuales una persona entrenada puede detectar entre 150-200 (Meilgaard *et al.*, 2007). Por ejemplo, el tomate genera más de 400 compuestos volátiles (Buttery, 1993) y una frutilla cerca de 360 volátiles (McFadden *et al.*, 1965). Todos estos potenciales volátiles generados se pueden clasificar en varias categorías químicas incluyendo terpenos, ésteres, aldehídos, alcoholes, y cetonas.

En frutos frescos, los ésteres, aldehídos y alcoholes son considerados los más importantes en la percepción aromática y en la generación de aromas (Paliyath y Murr, 2008). Una fruta produce y emite su aroma

típico durante su desarrollo y madurez. Estos compuestos aromáticos han sido reportados como un indicador de maduración, destacándose el hecho de que existen algunos elementos volátiles que se encuentran en frutas maduras y que no se encuentran en el fruto inmaduro o en tejidos vegetativos como la hoja (Schwab *et al.*, 2008). En manzanas por ejemplo, la máxima producción de volátiles coincide con el máximo respiratorio y de producción de etileno y la mayoría de estos compuestos volátiles están bajo el control de etileno (Defilippi *et al.*, 2005). Por otra parte, es importante destacar que el perfil aromático de un fruto intacto no es el mismo que después de ocurrida la disrupción celular, durante el proceso de masticación. Así un fruto intacto produce principalmente ésteres y estos compuestos aromáticos son producidos de forma "autónoma", pues no hay producción de aldehídos derivados de la ruta de la enzima lipoxigenasa (LOX) (Contreras y Beaudry, 2013). Los compuestos volátiles de 6 y 9 carbonos como lo son los aldehídos y alcoholes provienen de esa ruta, en donde LOX cataliza la dioxigenación de ácidos grasos insaturados como el ácido linoleico (Liavonchanca y Feussner, 2006).

Se ha reportado que mientras más aceite contenga la palta (esto significa mientras más avanzada sea la cosecha de ésta) la aceptabilidad del consumidor aumenta, lo cual es consistente con que el fruto sea más cremoso, menos "aguado" y con un sabor más intenso y menos verdoso (Obenland *et al.*, 2012). El aroma de la palta progresa durante la maduración y este cambio se puede relacionar directamente en cuanto a la cantidad de los volátiles presentes. En palta existen diversos trabajos que tratan de identificar los compuestos volátiles característicos de la palta, sin embargo existen algunas divergencias en el tipo de compuestos preponderantes, debido principalmente a los distintos métodos de extracción utilizados, a los estados de maduración sobre los cuales se realizaron los estudios y principalmente al cultivar en cuestión. Por ejemplo, Sinyinda y Gramshaw (2004) destacan a los terpenos, que comprenden un 80% del extracto, como los principales constituyentes del aroma de esta fruta, además de volátiles derivados de lípidos como heptanal y hexanal; este último compuesto volátil se forma debido a la acción de la LOX sobre el ácido linoléico (Riley *et al.*, 1996). Por otra parte, en otro estudio (Pino *et al.*, 2004) se reportan nuevamente a los terpenos como los componentes primarios de palta, sin embargo repor-

tan una gran variación en la composición respecto a la publicación mencionada anteriormente. Otros estudios, realizados mediante olfatometría, destacan que los factores más importantes en el aroma de la palta son el linalol (fragancia fresca, cítrica), alpha terpineol (fragancia de la palta), beta pineno (limón), beta mirceno (herbal) y estragol (fragancia a anís) (Guzman-Geronimo *et al.*, 2001).

En estudios realizados en la Unidad de Postcosecha de INIA-La Platina, se ha observado que entre los compuestos volátiles más destacados se encuentran los alcoholes y aldehídos, los cuales además de estar en una importante cantidad, tienen el valor activo odorante (VAO) más alto respecto a compuestos que se encuentran en gran cantidad pero que no son percibidos por el olfato humano. Fragancias como el 2-heptanol (herbal, limón), el pentanal (dulce), hexanal (aceitoso, palta), trans 2-hexanal (pasto), fenol (aceite), isoamil acetato (dulce, frutal), etil butirato (frutal), dimetil disulfido (vegetal, tomate) y dimetil trisulfido (espárrago) son los principales compuestos presentes en frutos recién cosechados. Además, al comparar el perfil olfatorio de muestras cosechadas con paltas maduras, se observan diferencias en el contenido de volátiles entre ambos estadios, corroborando que existe una evolución del contenido de volátiles desde el momento en que el fruto es cosechado hasta la maduración.

Estudios recientes mediante microextracción en fase sólida o SPME, han encontrado más de 25 compuestos volátiles que componen el aroma de la palta (Obenland *et al.*, 2012). De estos solo 12 de ellos cambian durante la maduración, en donde los volátiles que aportan a un componente "verdoso" (hexanal, 2-hexenal, 2,4-hexanedial) tendieron a disminuir durante el proceso hasta en un 85% en comparación entre la fruta firme y madura. De estos compuestos, el que tiene mayor presencia en el extracto aromático es el hexanal, cuya concentración en todas las muestras excede al umbral olfatorio perceptible por el ser humano.

En un estudio realizado por la Unidad de Postcosecha de INIA-La Platina utilizando paltas var. 'Hass' del huerto "La Viluma" en Melipilla, se pudo observar que el hexanal tiene una elevada concentración durante el desarrollo, la que se reduce considerablemente al acercarse el momen-

to de la cosecha (**Figura 7.1**). Posteriormente, una vez que las paltas son cosechadas, la concentración de este compuesto continúa disminuyendo paulatinamente y en forma significativa a lo largo de la maduración. La disminución del compuesto hexanal se comienza a observar desde el desarrollo. Se ha visto que el compuesto hexanal está involucrado en la defensa de la planta, la cual es más importante durante el desarrollo. De tal forma pareciese que el hexanal podría ser principal componente del aroma de la palta.

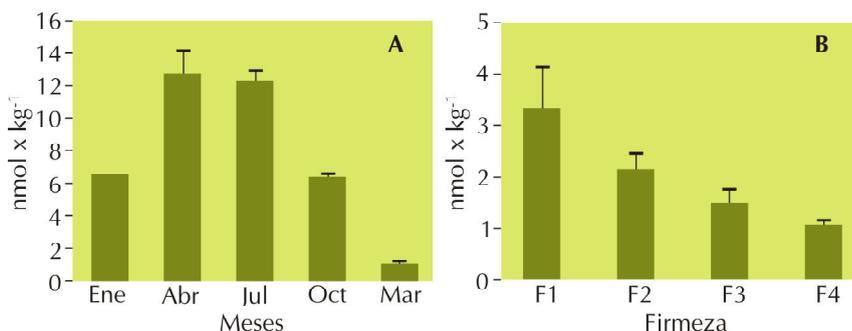


Figura 7.1. Producción del compuesto volátil hexanal. **A)** Precosecha de paltas var. 'Hass' comprendida entre los meses de Enero 2012 hasta Marzo 2013, momento en que se realiza la cosecha. **B)** Evaluación de la variación en la concentración de hexanal a lo largo de la maduración, representada en 4 grupos de firmeza, característicos de la evolución del ablandamiento el fruto (F1-F4), donde F1 corresponde a firmeza de cosecha y F4 madurez de consumo.

7.4. AZÚCARES

La maduración de las frutas está acompañada de una importante alza respiratoria (Rhodes, 1981). Esta condición es dada por un aumento en el metabolismo de carbono, en donde aumenta en gran cantidad el flujo de carbono a través de la glicólisis (Solomos y Laties, 1974). En frutos, los azúcares son importantes para los procesos de señalización celular, producción de energía y respiración metabólica sirviendo como sustrato para la respiración celular, además de ser componentes impor-

tantes de la pared celular que provee de protección, rigidez y estabilidad a la célula. En palta, los carbohidratos son una fuente esencial de energía para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento (Liu *et al.*, 1999a). Durante el desarrollo, la mayoría de las frutas tales como el kiwi, la manzana, el mango y el plátano entre otras, usan el almidón como única fuente de almacenamiento de carbono, y por ende de energía; en cambio la palta almacena carbono tanto en forma de almidón como de lípidos. Es tal vez debido a eso último que la palta no acumula tantos azúcares y estos son menos relevantes que los lípidos para el metabolismo de esta fruta. Pese a eso, se ha identificado que en esta fruta son cinco los principales azúcares, que constituyen cerca del 98% de los azúcares solubles totales: el disacárido sacarosa, las hexosas fructosa y glucosa, y dos azúcares poco comunes de 7 carbonos (C7), el azúcar reductor manoheptulosa y su forma reducida el perseitol (Liu *et al.*, 1999b). A lo largo de la maduración se puede observar una disminución importante de los azúcares del fruto en donde los azúcares C7 llegan a casi desaparecer en el momento que el fruto ya está maduro (Liu *et al.*, 1999b; Liu *et al.*, 2002) y a medida que aumenta el contenido de aceites disminuye el contenido de azúcares; estos últimos son utilizados en los frutos para la producción de energía vía glicólisis (Purev *et al.*, 2008). Esto sugiere que los azúcares C7 juegan un papel importante en la respiración durante el proceso de maduración.

Como hemos visto en este y en otros capítulos, la maduración de la palta no ocurre en el árbol y sucede una vez que el fruto es cosechado. Se cree que existiría un inhibidor de la maduración en el árbol de palta que impide que se inicie el proceso en el mismo y que podría funcionar como una sustancia aniónica que cambia su concentración a medida que la cosecha progresa (Werman y Neeman, 1987). El azúcar manoheptulosa ha sido postulado como un posible inhibidor de la maduración del fruto. Este azúcar podría cumplir un papel multifuncional en el fruto, siendo la presencia del mismo durante la precosecha y posteriormente en postcosecha un importante factor en la mantención de la calidad del fruto y en la inhibición de la maduración (Liu *et al.*, 2002; Tesfay *et al.*, 2012). A medida que el tiempo de permanencia en el árbol progresa se produce una diferencia en la concentración de este azúcar en el fruto y los frutos provenientes de cosechas más avanzadas tienen niveles muy bajos de este compuesto (Meyer y Terry, 2010).

7.5. ACIDEZ Y ÁCIDOS ORGÁNICOS

La acidez se asocia tanto con el "dulzor" como con el "amargor" de una fruta. La forma más ampliamente utilizada para medir este parámetro es mediante la cuantificación de la acidez titulable (Lobit *et al.*, 2002). Sin embargo la acidez de las frutas es un carácter aún más complejo y está dada en mayor medida por la acumulación/degradación de ácidos orgánicos durante el desarrollo y maduración de las mismas (Hernández-Muñoz *et al.*, 2006). Los principales ácidos orgánicos presentes en la mayoría de los frutos son el cítrico, el málico y el tartárico. En general, el contenido de ácidos orgánicos en el fruto aumenta durante su desarrollo y disminuye mientras avanza la maduración, presumiblemente debido a su utilización de estos como sustratos en la respiración o a en su conversión a azúcares. En el período de maduración de la fruta hay un aumento en la actividad metabólica y ácidos orgánicos son, por excelencia, una fuente de reserva de energía de la fruta a través del ciclo de Krebs. El ácido predominante que se encuentra en la palta es el ácido tartárico aunque, en teoría, cada metabolito capaz de donar un protón, incluyendo ácidos grasos, también contribuyen a la acidez total del fruto (Omar *et al.*, 2012).

A la fecha es poca la importancia que se le ha dado en palta a la influencia de la acidez en el sabor de esta fruta y por ende hay pocos trabajos relacionados. Por ejemplo, Ahmed *et al.* (2010) estudiaron cambios durante la maduración de paltas var. 'Fuerte', encontrando que tanto la acidez titulable como los sólidos solubles muestran una disminución leve y significativa. Por otra parte, describen una disminución leve y no significativa en el contenido de ácido ascórbico durante todo el período de maduración por 2 semanas a 20°C. En el caso de frutos de la var. 'Hass' producidos en la región de Algarve en Portugal, se observó que la semilla tiene una mayor acidez que la piel o la pulpa. La acidez de este último tejido se reporta que era superior a la exhibida en paltas de la var. 'Hass' de origen americano ($0,04 \pm 0,01\%$ de ácido cítrico) (Arias *et al.*, 2012). En cualquier caso, frutas del cultivar 'Hass' se pueden considerar una fruta no ácida (Vinha *et al.*, 2013).

En cuanto a los ácidos orgánicos predominantes en la palta, ésta a diferencia de la mayoría de las frutas carece casi totalmente de ácido cítrico

y málico, siendo el ácido predominante el tartárico (Duckworth, 1966). El ácido tartárico es un ácido orgánico no fermentable, es decir es prácticamente inerte al metabolismo de un organismo y no es oxidado durante fermentaciones. En uva, por ejemplo, está asociado al potencial de 'añejado', siendo agregado externamente en la producción de vino para así controlar el pH evitando tanto un daño oxidativo como microbiano. Su función biológica aún no ha sido determinada (Debolt *et al.*, 2006).

En un trabajo realizado en la Unidad de Postcosecha de INIA-La Platina se analizó el perfil de ácidos orgánicos durante la maduración de paltas var. 'Hass'. Se analizaron cambios en los patrones de estos ácidos durante esta etapa, desde cosecha hasta 15 días en frutas almacenadas a 20°C, realizando extracciones y una separación e identificación mediante HPLC (cromatografía líquida de alta resolución). Una vez realizadas las mediciones, fue posible observar los perfiles de acumulación de cinco ácidos detectados: ácidos tartárico, málico, ascórbico, cítrico y succínico (**Figura 7.2**). Se observa una disminución de la cantidad de

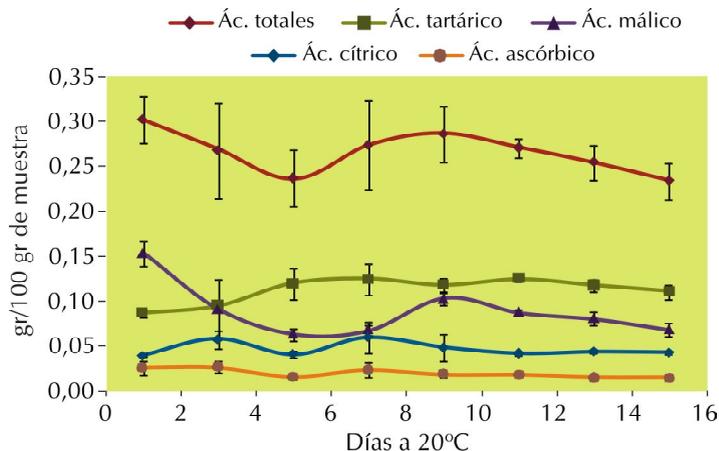


Figura 7.2. Perfil de ácidos orgánicos durante la maduración de palta var. 'Hass'. Cuantificación mediante HPLC de los principales ácidos orgánicos identificados durante el almacenamiento a 20°C desde cosecha hasta alcanzar madurez de consumo. Se graficaron según los mg de ácido detectado por 1 g de peso fresco en cada muestra, barras en los gráficos corresponden a la desviación estándar de de 6 muestras biológicas.

ácidos totales a medida que avanza la maduración lo que es concomitante con la baja en la acidez titulable durante ese periodo. Esta disminución esta dada esencialmente por el drástico descenso en el contenido en ácido málico, lo que era esperable según la literatura. Además se pudo confirmar que el ácido predominante al momento de alcanzar la madurez de consumo es el ácido tartárico, el cual se observa casi sin cambios desde la cosecha. La presencia de los otros dos ácidos, cítrico y ascórbico, es casi imperceptible y poco contribuirían a la acidez de la palta.

LITERATURA CITADA

- Ahmed, D.M., Yousef, A.R.M., Hassan, H.A.S. 2010. Relationship between electrical conductivity, softening and color of Fuerte avocado fruits during ripening. *Agriculture Biology Journal North America*, 1: 878-885.
- Arias, L.E.H., Gómez, J.H.P., Salazar, J.A. 2012. Application of the matrixes engineering on the development of minimally processed Hass avocado (*Persea americana* Mill) with additions of vitamin C and calcium. *Revista Lasallista Investigación*, 9: 44-54.
- Benatti, P., Peluso, G., Nicolai, R., Calvani, M. 2004. Polyunsaturated fatty acids: biochemical, nutritional and epigenetic properties. *J Am Coll Nutr* 23: 281-302.
- Bergh, B. 1992. Nutritious value of avocado. CA: California Avocado Society Book. pp. 123-135.
- Buttery, R.G. 1993. Quantitative and sensory aspects of flavor of tomato and other vegetables and fruits, *In*: T.E. Acree and R. Teranishi (eds.). *Flavor science: Sensible principles and techniques*. Amer. Chem. Soc., Washington, D.C. pp 259-286.
- Contreras, C., Beaudry, R. 2013. Lipoxygenase-associated apple volatiles and their relationship with aroma perception during ripening. *Postharvest Biol. and Technol.* 82: 28-38.

- Cresswell, A. 1970. The biochemistry of fruits and their products. 1st Edition Academic Press. Pp. 172-175.
- DeBolt, S., Cook, D., Ford, C. 2006. L-Tartaric acid synthesis from vitamin C in higher plants. PNAS, 103: 5608-5613.
- Defilippi, B., Dandekar, A., Kader, A. 2005. Relationship of ethylene biosynthesis to volatile production, related enzymes, and precursor availability in apple peel and flesh tissues. J. Agric. Food Chem. 53: 3133-3141.
- Dreher, M., Davenport, A. 2013. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 53: 738-750.
- Duckworth, R.B., 1966. Concerning the Utilization of Fruit and Vegetables. In: Fruit and Vegetables. (eds). Pergamon Press Limited, Oxford. pp 11-14.
- Guzmán-Gerónimo, R.I., Lopez, M.G., Dorantes-Alvarez, L. 2008. Microwave processing of avocado: volatile flavor profiling and olfactometry. Innovative food science and tech. 9: 501-506.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M. J., Gavara, R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coating on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). Postharvest Biology Technology, 39: 247-253.
- Kaiser, C., Wolstenholme, B. N. 1994. Aspects of delayed harvest of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in cool subtropical climate. I. Fruit lipid and fatty acid accumulation. Jour Hort Sci. 69: 437-445.
- Kikuta, Y., Erickson, L.C. 1968. Seasonal changes of avocado lipids during fruit development and storage. California Avocado Society Yearbook, 52: 102-108.

- Klee, H.J. 2010. Improving the flavor of fresh fruits: genomics, biochemistry and biotechnology. 187: 44-56.
- Liavonchanka, A., Feussner, I. 2006. Lipoxygenases: occurrence, functions and catalysis. *J. Plant Physiol.* 163: 348-357.
- Liu, X., Robinson, P.W., Madore, M.A., Witney, G.W., Arpaia, M.L. 1999a. 'Hass' avocado carbohydrate fluctuations. I. Growth and phenology. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 124: 671-675.
- Liu, X., Robinson, P.W., Madore, M.A., Witney, G.W., Arpaia, M.L. 1999b. 'Hass' avocado carbohydrate fluctuations. II. Fruit growth and ripening. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 124: 679-681.
- Liu, X., Sievert, J., Arpaia, M.L., Modore, M.A. 2002. Postulated physiological roles of the seven-carbon sugars, mannoheptulose, and perseitol in avocado. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127: 108-114.
- Lobit, P., Soing, P., Genard, M., Habib, R. 2002. Theoretical analysis of relationships between composition, pH, and titratable acidity of peach fruit. *J. Plant Nutr.* 25: 2775-2792.
- McFadden, W.H., Teranishi, R., Corse, J., Black, D.R., Mon, T.R. 1965. Volatiles from strawberries. II. Combined mass spectrometry and gas chromatography on complex mixtures. *J. Chromatog.* 18: 10-19.
- Meilgaard, M.C., Civille, G.V., Carr, B.T., Taylor Francis Group, 2007. Sensory attributes and the way we perceive them. In: *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Florida, pp. 7-24.
- Meyer, M.D., 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 chem.* 121: 1203-1210.
- Obenland, D., Collin, S., Sievert, J., Negmb, .F., Arpaia, M.L. 2012. Influence of maturity and ripening on aroma volatiles and favor in 'Hass' avocado. *Postharvest Biol Technol.* 71: 41-50.

- Omar, A.F., Atan, H., MatJafri, M.Z. 2012. NIR Spectroscopic properties of aqueous acids solutions. *Molecules* 17 : 7440-7450.
- Paliyath, G., Murr, D. 2008. Common fruits, vegetables, flowers, and their quality. *In: Paliyath, G., Murr, D., Handa, A. and Lurie, S (Eds.). Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers.* Singapore: Markono Print Media Pte. Ltd. pp 482.
- Pino, J.A, Marbot, R., Rosado, A., Fuentes, V. 2004. Volatile components of avocado (*Persea americana* Mill) cv Moro grown in cuba. *J. Essent. Oil. Res.* 16: 139-140.
- Purev, M., Kim, M.K, Samdan, N., Yang, D.C. 2008. Isolation of a novel fructose-1,6-bisphosphate aldolase gene from *Codonopsis lanceolata* and analysis of the response of this gene to abiotic stresses. *Mol. Biol.* 42: 206-213.
- Requejo-Tapia, L.C., Woolf, A.B., Roughan, G., Schroeder, R., Young, H., White, A. 1999. Seasonal changes in lipid content and fatty acid composition of 'Hass' avocados. *Avocado Postharvest Research: (1998/99).* pp 1-29.
- Rhodes, M.J.C. 1981. The maturation and ripening of fruits. *In "Senescence in Plants" (K. V. Thimann, ed.). CRC Press, Boca Raton.* Pp. 157-205.
- Riley, J.C.M., Willemot, C., Thompson, J.E. 1996. Lipoxygenase and hydroperoxide lyase activities in ripening tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 7: 97-107.
- Schwab,W., Davidovich-Rikanati, R., Lewinsohn,E. 2008. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *Plant J.* 5: 712-732.
- Schwartz, M, Olaeta, J.A., Undurraga, P., Costa V. 2007. Mejoramiento del rendimiento de extracción de aceite de Palta (Aguacate). *Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate), Viña del mar, Chile.* ISBN N° 978-956-17-0413-8.

- Sinyinda, S., Gramshaw, J.W. 1998. Volátiles of avocado fruit. Food chem. 62: 483-487.
- Solomos, T., Laties, G.C. 1974. Similarities between the actions of ethylene and cyanide in initiating the climacteric and ripening in avocados. Plant Physiol. 54: 506-511.
- Tesfay, S.Z., Bertling, I., Bower, J.P. 2012. D-Mannoheptulose and perseitol in 'Hass' avocado: metabolism in seed and mesocarp tissue. South African Journal of Botany 79: 159-165.
- Valenzuela, A. 2008. Isomeric trans fatty acids I. Origin and effects in human health. Rev Chil Nutr. 35: 162-171.
- Van Den Dool, B., Wolstenholme, B. 1983. Further studies on avocado fruit growth and maturity in Inland Natal. S. Afr. Avocado Grow Assn. 6: 34-40.
- Vinha, A.F., Moreira, J., Barreira, S.V.P. 2013. Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill.). Journal of Agricultural Science 5: 100-109.
- Werman, M.J., Neeman, T. 1987. Avocado oil production and chemical characteristics. J. Am. Oil Chem. Soc. 64: 279-232.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. 2007. Evaluation and management of quality. In: Will, R.B.H. (Ed.). Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. University of New South Wales Press Ltd. Sydney, Australia. 227pp.
- Yousef, A., Hassaneine, M. 2010. Influence of different harvest dates and ripening periods on fruit quality and oil characteristics of Fuerte avocados. Agric. Biol. J. N. Am., 1: 1223-1230.

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE PRECOSECHA QUE AFECTAN LA COMPOSICIÓN LIPÍDICA Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA PALTA

Raúl Ferreyra E.
Gabriel Selles Van Sch.
Bruno Defilippi B.
Jorge Saavedra T.

Jaime Ortiz V.
Mauricio González A.
Carlos Zúñiga E.
Claudia Troncoso P.

En la palta los aceites grasos insaturados pueden llegar alrededor del 79% de los ácidos grasos presentes en el mesocarpio, y de éstos, el 13,6% son poliinsaturados (Ozdemir y Topuz, 2004; Takenaga *et al.*, 2008; Ariza *et al.*, 2011; Donetti y Terry, 2014). Los principales ácidos grasos presente en el mesocarpio son oleico (monoinsaturado, de 50 a 60% del contenido total de ácidos grasos), palmítico (saturado, 15-20%), palmitoleico (insaturado, 6-10%), linoleico (poliinsaturado, 11-15%) y linolénico con aproximadamente 1% (Olaeta *et al.*, 1999; Ozdemir y Topuz, 2004; Meyer y Terry, 2008; y Landahl *et al.*, 2009).

En la Tabla 7.1 (ver capítulo anterior) se observa la composición y proporción de los ácidos grasos en la palta, donde los ácidos grasos monoinsaturados son los predominantes. Los ácidos grasos monoinsaturados son beneficiosos para la salud humana ya que reducen las lipoproteínas de baja densidad (LDL), asociadas a la enfermedad cardiovascular. Por otro lado los ácidos grasos poliinsaturados, también presentes en la palta, mantienen los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL) aparentemente benéficas para la salud y pueden incluso reducir los riesgos arteriales coronarios causados por las LDL.

Según observaciones realizadas por diferentes investigadores, el contenido de aceite y su composición varían de acuerdo a la ubicación del huerto (Landahl *et al.*, 2009; Lu, *et al.* 2009; Donetti y Terry, 2014), a la variedad (Ozdemir, y Topuz, 2004; Takenaga *et al.*, 2008), a los días que transcurren entre floración y cosecha (Ozdemir y Topuz, 2004; Donetti y Terry, 2014), y al contenido de materia seca (Requejo-Tapia *et al.*, 1999). Por otra parte Ozdemir y Topuz (2004) encontraron que el manejo de postcosecha afecta el contenido de ácidos, pero la influencia es de poca magnitud.

Trabajos realizados por Donetti y Terry (2014) muestran que al mercado del Reino Unido las paltas procedentes de Chile llegan con un contenido de ácido oleico de entre 57 y 61%, las procedentes de España con 54%-60% y las procedentes de Perú con 40 a 47%, por lo que estos autores sugieren al ácido oleico como posible marcador del lugar de origen de la fruta.

Ratovohery *et al.* (1988) indican que la composición de los ácidos grasos de la fruta de palta depende de la geografía y del clima. Al comparar dos localidades, indica que la zona con menor temperaturas medias presentan mayores contenido de ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico) y menores niveles de ácidos grasos saturados (palmíticos) que la zona con mayor temperatura medias (Requejo-Tapia *et al.*, 1999). Resultados similares reporta Canvin (1965), quien indica que en algunos frutos de semilla al disminuir la temperatura aumenta el contenido de ácido oleico. Sin embargo, la temperatura no sería el único factor a determinar la tasa de síntesis de lípidos (Requero-Tapia *et al.*, 1999) y no hay trabajos que analicen diferentes factores de precosecha como el clima, suelo y manejo en la composición de ácidos grasos en la fruta.

La fruta de palta también presenta niveles interesantes de tocoferoles y fenoles, en la Tabla 7.1 (Capítulo 7), se presenta la composición y proporción de los tocoferoles (vitamina E) presentes en palta. Estos compuestos son poderosos agentes antioxidantes (inhibidores naturales de la peroxidación de lípidos *in vivo*), y ayudan a mantener intacta la estructura y la actividad funcional de las membranas celulares previniendo las reacciones de peroxidación de lípidos característica del fenómeno de enranciamiento.

Los fenoles desempeñan importantes funciones fisiológicas en los vegetales, y en general debido a su condición de polifenoles se oxidan con mucha facilidad y actúan como antioxidantes. También de una forma bastante general, los fenoles actúan como inhibidores del crecimiento de las plantas, aunque se han encontrado algunas estructuras que de forma específica lo activan al inhibir la degradación de una hormona vegetal que es la auxina. Particularmente, las semillas acumulan importantes cantidades de fenoles en sus cubiertas que actúan como un filtro para que el oxígeno no llegue al embrión, inhibiendo su germinación.

Lu *et al.* (2009), desarrollaron una investigación cuyo fin fue determinar el perfil fitoquímico de paltas var. "Hass" cosechadas en California en diferentes fechas dentro de la temporada y provenientes de distintas zonas productivas. Los resultados mostraron que se presentaron diferencias en el contenido de carotenoides en la pulpa, tanto dentro de la temporada como también dependiendo de la zona de donde provenían. Misma situación se presentó al medir los niveles de tocoferoles en pulpa.

Una forma de mantener una zona diferenciada en el mercado mundial es a través de la comercialización de productos saludables y eficaces. Esto sólo es posible mediante el aumento del conocimiento de las características químicas del producto a ser vendido. Por ello, es interesante conocer la relación entre el clima, suelo y manejo en la composición de los lípidos en el palto con la esperanza de estimular el desarrollo de esos ácidos grasos deseables.

El desarrollo de una investigación local, que permita zonificar la producción de palta de acuerdo a su composición química, puede resultar de gran importancia tanto para las empresas productoras de fruta fresca como para las empresas agroindustriales productoras de aceite de palta.

Todas las características antes mencionadas de la palta, tanto de la pulpa como de la semilla y su piel, son producto de su composición química. Entonces, determinar *a priori* el comportamiento y composición

química de la fruta sería de gran utilidad para la industria, tanto para consumo fresco, la exportación o su industrialización, sobre todo en una zona de cultivo muy heterogénea.

Por lo anterior, en INIA y con financiamiento de INNOVACORFO, se ejecutó un proyecto que tuvo como objetivo la identificación de factores de precosecha que afectan la composición de compuestos bioactivos del fruto de palto. Para ejecutarlo, se seleccionaron 12 sitios (localidades), plantadas con palto var. "Hass", sobre patrón Mexícola. Siete localidades se encontraban en el Valle de Aconcagua, dos en el Valle del Maipo y dos en el Valle de La Ligua y Petorca. Las localidades seleccionadas presentaban diferentes condiciones de clima (**Tabla 8.1**), topográficas, de suelo y manejo agronómico, de manera de poder relacionar diferentes condiciones de precosecha con la composición de ácidos grasos de la fruta a la cosecha. Los 12 sitios experimentales están conformado por seis plantas homogéneas a las que se les midió Fe, Ca, Zn, B, N, K, en hoja (marzo) y en fruto (cosecha); porcentaje de brotes silépticos; nivel de clo-

Tabla 8.1. Características climáticas de los sitios experimentales ubicados en las zonas bajas, medias y altas respecto a la altura sobre el nivel del mar.

Zonas	Altitud m.s.n.m	UTME km	HR %	Eto mm/año	Temperaturas		
					Media anual °C	Máx. ene abs °C	Máx. anual °C
Baja	112 ± 5	283 ± 3	85 ± 0,0	796 ± 38	13,5 ± 0,6	25,7 ± 2,0	18,6 ± 0,7
Media baja	161 ± 5	261 ± 3	85 ± 0,1	882 ± 2	12,8 ± 0,3	28,5 ± 1,8	20,7 ± 1,2
Media	342 ± 5	308 ± 3	74 ± 3,1	1.119 ± 25	14,8 ± 0,7	32,7 ± 0,1	23,2 ± 0,5
Media alta	489 ± 5	322 ± 3	75 ± 0,0	1.069 ± 9	15,6 ± 0,7	34,3 ± 0,3	24,4 ± 0,7
Alta	1.103 ± 5	354 ± 3	55 ± 0,1	1.931 ± 96	16,6 ± 0,7	35,1 ± 0,1	23,3 ± 0,7

rofila en las hojas a través de SPAD; temperatura máxima media de enero; temperatura mínima media de julio; evapotranspiración potencial; altitud; exposición; agua aplicada, edad de la fruta, vigor, entre otros.

En cada sitio se tomaron muestras de fruta de tres repeticiones de las 12 localidades cuando la materia seca de la fruta alcanzaba valores cercanos al $25,3\% \pm 1,5$. Luego se realizó la extracción del aceite de la pulpa del fruto y se midió la composición de ácidos grasos. Además, se midió el contenido de tocoferoles, carotenos y fenoles presentes en la pulpa. Los datos recolectados durante dos temporadas fueron analizados a través de los siguientes procedimientos estadísticos. Como primer paso se depuraron y analizaron las variables a través de análisis exploratorio descriptivo y regresiones simples. Como segundo paso, se aplicó análisis por componentes principales (PCA) y se desarrollaron modelos predictivos a través de regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS).

8.1 EFECTO DEL CLIMA SUELO Y MANEJO EN EL PERFIL DE ÁCIDO GRASO DE LA FRUTA DE PALTA

El análisis de los lípidos mostró que los ácidos grasos en las diferentes localidades estudiadas, estaban compuestos principalmente por cadenas de 16 (C16) y 18 (C18) átomos de carbono (**Tabla 8.2**). En este estudio, en promedio el 81,5% de los ácidos grasos presentes en la fruta fueron del tipo C18, donde el ácido oleico (18:1) representó en promedio un $69,2\% \pm 4,2$, de los presentes en el mesocarpio de la fruta, y linoleico (18:2) un $11,6\% \pm 1,7$. De esto se desprende que el ácido graso que predomina en el mesocarpio de la palta var. 'Hass' es el oleico (18:1). Esto concuerda con lo reportado por Olaeta *et al.* (1999); Ozdemir y Topuz (2004); Meyer y Terry (2008); Landahl *et al.* (2009) que indican que oleico corresponde al 50 o 60% del total de los ácidos grasos presente en esta fruta.

Tabla 8.2. Composición de los ácidos grasos de los sitios experimentales ubicados en las zonas bajas, medias y altas de la zona estudiada.

Zonas	Porcentajes											
	A. Mono- insaturado	C:16:1w9	C:18:1w9	C:20:1	A. polin- saturado	C:18:2	C:20	C:18:3	Ácido saturado	C:16	C:17	C:18
Baja	78±1,2	1,8±0,2	75,4±1,4	0,73±0,15	10,7±0,8	9,9±0,6	0,22±0,10	0,65±0,28	11,4±1,6	10,7±1,5	0,12±0,11	0,63±0,22
Media baja	75±1,9	2,2±0,2	71,7±1,5	0,97±0,59	14,4±1,7	13,4±1,2	0,10±0,11	0,90±0,55	10,7±0,6	10,2±0,5	0,05±0,05	0,48±0,16
Media	71±1,6	4,4±0,9	66,3±2,2	0,70±0,55	13,9±0,4	13,3±0,6	0,10±0,11	0,50±0,35	14,7±1,4	14,2±1,3	0,10±0,08	0,50±0,08
Media alta	71±1,9	4,3±1,3	66,0±2,6	0,50±0,14	10,9±2,4	10,2±2,0	0,15±0,05	0,62±0,31	17,3±2,4	16,6±2,3	0,08±0,04	0,65±0,19
Alta	72±1,0	4,3±1,2	66,6±0,8	0,72±0,15	12,2±2,0	11,4±1,4	0,10±0,00	0,73±0,48	14,9±2,0	14,2±1,5	0,03±0,06	0,67±0,14

8.1.1. Factores de precosecha que afectan la presencia de ácidos oleico en el mesocarpio de la palta

El análisis PLS de los ácidos grasos C18 (oleico y linoleico), mostró que el contenido de oleico (18:1) está relacionado con variables de precosecha (**Figura 8.1**), situación que no se encontró en linoleico. La proporción de ácido oleico (18:1) aumentó de $66,6 \pm 0,8\%$ en la parte alta de las zonas cultivadas con palta a $75,4 \pm 1,4\%$ en las zonas bajas (Tabla 8.2). De las 50 variables independientes estudiadas, las que presentan un mayor efecto en orden de importancia sobre el ácido oleico en el mesocarpio, son la altitud del sitio respecto al nivel del mar, temperatura máxima media anual, temperatura máxima absoluta de enero, contenido de Mn en la hoja, evapotranspiración de referencia, contenido de Mg en la hoja, porcentaje de macroporos en el suelo y humedad relativa (Figura 8.1).

Por lo tanto, las variables independientes que afectan la proporción de ácido oleico en la fruta en este estudio se pueden agrupar en tres categorías. i) las relacionadas con el clima (altitud del sitio respecto al nivel del mar, temperatura máxima media anual, temperatura máxima absoluta de enero, evapotranspiración de referencia, humedad relativa), ii) las relacionadas con la nutrición de la planta (contenido de Mn y Mg en la hoja), y iii) las relacionadas con las propiedades del suelo (macroporosidad). En parte esto concuerda con lo reportado por Ratovohery *et al.* (1988) y Ranalli, (1999) que indican que la composición de los ácidos grasos de la fruta de palta depende de la geografía y del clima.

Requejo-Tapia *et al.* (1999) sugieren que la temperatura puede influir en la síntesis y composición de los lípidos en la fruta, y Kaiser y Wolstenholme (1993, 1994) indican que al bajar la temperatura, las plantas requieren que sus membranas estén compuestas de niveles más altos de ácidos grasos insaturados con el fin de funcionar adecuadamente.

Las variables relacionadas con el clima (temperatura) se concentran en el cuadrante opuesto a la variable dependiente ácido oleico (Figura 8.1). Esto implica que al aumentar las magnitudes de las variables independientes relacionadas con el clima (altitud del sitio respecto al

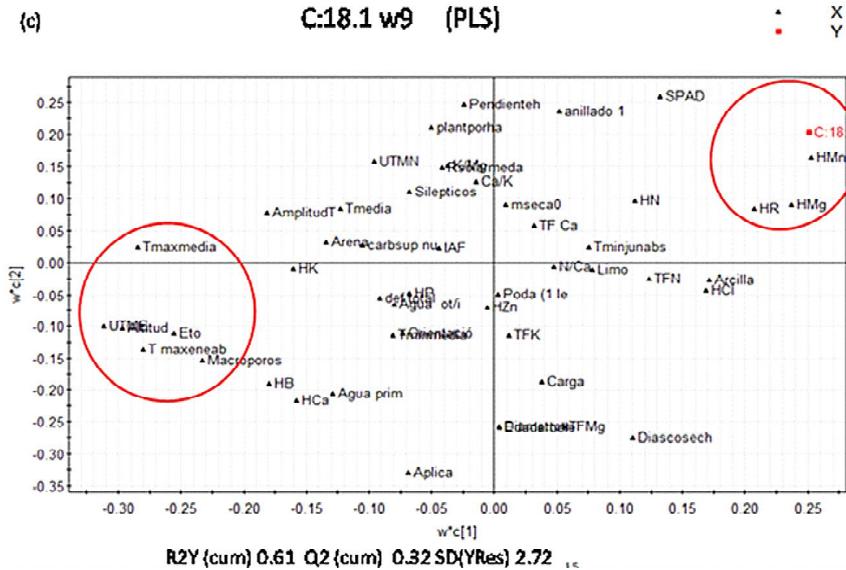


Figura 8.1. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre el ácido monoinsaturadosoleico, y el contenido nutricional de las planta y fruta; las características agroclimáticas; el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo.

Variable X = UTME : Universal Transverse Mercatoreast; UTMN: Universal Transverse Mercatornorth; Altitud: Altitud sobre el nivel del mar; Pendenteh: Pendiente de la hilera de plantación; Orientació: Orientación hilera de plantación; Diametrotr: Diámetro del tronco del árbol; SPAD: cantidad relativa de clorofila; Silepticos: Porcentaje de brotes silepticos; IAF: Índice de área foliar; Arena: Porcentaje de arena en el suelo; Limo: Porcentaje de limo en el suelo; Arcilla: Porcentaje de arcilla en el suelo; Macroporos: Porcentaje de macroporos en el suelo; TNF: Contenido de Nitrógeno en el mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en la hojas en Marzo; HP: Contenido de Fósforo en la hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en la hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en la hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en la hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en la hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en la hojas en Marzo; HB: Contenido de B en la hojas en Marzo; HCl: Contenido de Cl en la hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual; AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadardbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = Ácidos grasos C 20:1; C16:1 y C18:1

nivel del mar, temperatura máxima media anuales, temperatura máxima absoluta de enero), la proporción de ácido oleico en el mesocarpio disminuye (Tabla 8.2). Esto concuerda con lo reportado por Requejo-Tapia *et al.* (1999) y Canvin (1965) que indican que la zona con menores temperaturas medias presentan mayores contenidos de ácido oleico. Kaiser y Wolstenholme (1993, 1994) encontraron que el ácido oleico fue aproximadamente 20% menos en el sitio más cálido al compararlo con sitio más fresco.

Por otra parte, al aumentar el contenido de Mn y Mg en la hoja, aumenta el contenido de ácido oleico en el mesocarpio (Figura 8.1; **Tablas 8.2** y **8.3**). Según el análisis PLS estas variables se ubican en el mismo cuadrante que la variable dependiente (oleico), es decir presentan proporcionalidad directa. Finalmente, las variables climáticas afectan en mayor medida la concentración de ácido oleico que las variables nutricionales (Figura 8.1), por lo tanto, los antecedentes presentados permiten suponer que el contenido de ácido oleico puede estar fuertemente determinado por la localidad de origen de la fruta

Tabla 8.3. Características de físicas del suelo (macroporosidad) y nutrientes (N, Mg, Mn en hojas; y N, Mg en el mesocarpio) de los sitios experimentales estudiados en las zonas bajas, medias y altas de la zona estudiada, que según la regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS), tiene relación con la presencia de ácidos grasos.

Zonas	Nº hojas %	Mg hojas %	Mn hojas ppm	N mesocarpio %	Macroporosidad %	Materia seca a cosecha %
Baja	2,2±0,11	0,70±0,15	700±156	1,4±0,1	15,2±0,0	25,6±1,3
Media baja	2,2±0,10	0,53±0,06	485±71	1,7±0,2	16,1±0,0	23,1±1,2
Media	2,1±0,07	0,49±0,07	93±6	1,3±0,2	11,9±0,0	26,9±2,6
Media alta	1,5±0,05	0,46±0,03	241±43	0,9±0,5	40,3±0,0	26,5±1,6
Alta	2,1±0,13	0,44±0,10	275±54	1,1±0,1	22,1±0,0	24,5±1,3

8.1.2. Factores de precosecha que afectan la presencia de ácidos grasos de 16 carbonos (palmítico y palmitoleico) en el mesocarpio de la palta

En este estudio, los ácidos grasos del tipo C16 alcanzaron en promedio el 16,6% en el mesocarpio de la fruta, donde palmítico (16:0) representó en promedio un $13,2 \pm 2,7\%$, y palmitoleico (16:1) $3,4 \pm 1,3\%$ (Tabla 8.1).

De las 50 variables independientes estudiadas se encontró, según el análisis PLS, que las que más afectan el contenido de ácidos grasos del tipo C16 (palmítico y palmitoleico) son el contenido de N en mesocarpio a cosecha, la temperatura máxima media anual, las coordenadas UTME, y la altitud del sitio respecto al nivel del mar (**Figuras 8.2a, 8.2b**).

Las variables independientes que afectan la concentración de palmitoleico (16:1) en la fruta en este estudio se pueden agrupar en dos. Las relacionadas con el clima (temperatura máxima media anual, coordenadas UTME, evapotranspiración de referencia, altitud del sitio respecto al nivel del mar), y las relacionadas con la nutrición de la planta (contenido de N y Mg en mesocarpio a cosecha). Al aumentar las magnitudes de las variables independientes (temperatura máxima media anual, coordenadas UTME, evapotranspiración de referencia, y altitud del sitio respecto al nivel del mar), que se encuentra en el mismo cuadrante que la variable dependiente, la concentración de ácido palmítico y palmitoleico en el mesocarpio aumentan (Figura 8.2). Por el contrario al aumentar las magnitudes de las variables independientes que se encuentran en el cuadrante opuesto (N y Mg en mesocarpio a cosecha) disminuye el contenido de ácido palmitoleico en la fruta.

En general las variables que afectan la concentración del ácido palmítico y palmitoleico en el mesocarpio son similares a las que afectan el contenido de ácido oleico pero en forma inversa (Figuras 8.1 y 8.2). En las zonas más bajas y templadas, el contenido de ácido palmítico y palmitoleico disminuye y el ácido oleico aumenta respecto a zonas más altas y cálidas (**Figura 8.3**). La temperatura máxima media anual es responsable de gran medida del contenido de ácido oleico y palmítico que presenta el mesocarpio de la fruta (Figura 8.3). El ácido palmítico

mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en la hojas en Marzo; HP: Contenido de Fósforo en la hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en la hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en la hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en la hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en la hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en la hojas en Marzo; HB: Contenido de B en la hojas en Marzo; HCl: Contenido de Cl en la hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual; AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadarbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = Ácidos grasos C 20:1; C16:1 y C18:1

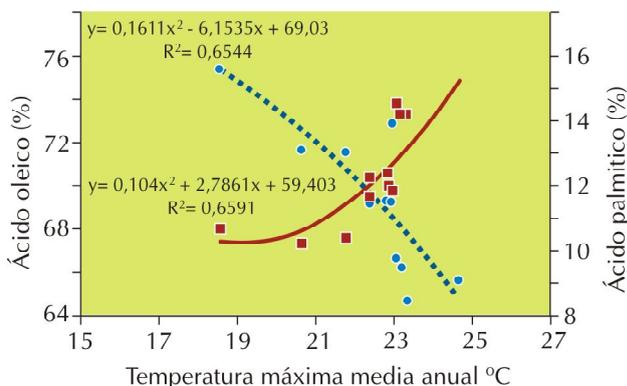


Figura 8.3. Relación entre la temperatura máxima media y el contenido de ácido oleico y palmítico. Significancia regresión $p < 0.01$ * y **

en la zona más cálida donde la temperatura máxima media es de 23,3°C es un 25% mayor que los valores encontrados en la zona más fría, donde la temperatura máxima media es inferior en 4,7°C. Esto concuerda con lo reportado por Requejo-Tapia *et al.* (1999) que indica que al comparar dos huertos en dos zonas climáticas de Nueva Zelanda se encontró que en huertos con menores temperaturas medias la fruta presenta menores contenidos de ácido palmítico y mayores contenidos de ácido oleicos que los cultivados en zonas más cálidas.

Por lo tanto, basado en estos resultados podemos resumir que:

- El contenido de los principales ácidos grasos del mesocarpio de la palta (oleico, palmítico y palmitoleico) está influido por factores climáticos y nutricionales.
- La temperatura máxima media anual es el factor climático que más afecta el contenido de los ácidos grasos oleico, palmítico y palmitoleico.
- La palta presenta en el mesocarpio un menor contenido de ácido graso oleico en zonas de mayor temperatura. Por el contrario en estas zonas aumentan el ácido graso palmítico (saturado). El contenido de N y Mg en el mesocarpio a cosecha está relacionado con el contenido de ácidos grasos palmítico y palmitoleico. Cuando el nivel de N y Mg aumenta en el mesocarpio disminuye el contenido de ácidos grasos de 16 carbonos. La temperatura máxima media anual explica aproximadamente el 66% de las variaciones que presentan los huertos respecto al contenido de ácido oleico. Por lo tanto, en la **Figura 8.4**, usando como base un plano de temperaturas máxima media se presenta como variaría el contenido de este ácido graso noinsaturado en los huertos de palto de la Región de Valparaíso.

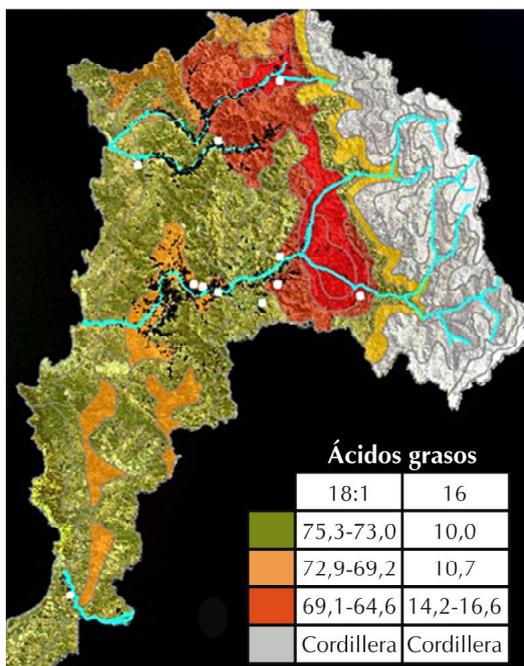


Figura 8.4.

Concentración de ácidos grasos monoinsaturados (oleico) y saturados (palmítico) en la fruta de diferentes zonas de los valles de Petorca, La Ligua, Aconcagua y Maipo: Los monoinsaturados (oleico) se encuentra en mayor concentración en la fruta proveniente de zonas de menor altura, cercanía a la costa, donde temperatura máxima media, temperatura máxima absoluta, temperatura media son más bajas. Estas zonas por lo general el período de floración a cosecha es mayor.

8.2 EFECTO DEL CLIMA SUELO Y MANEJO EN LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN LA FRUTA DE PALTA

La distribución de polifenoles en las plantas es muy amplia y se han encontrado en más del 60% de las especies vegetales donde se ha investigado su presencia. Además, aunque con frecuencia se piense que los flavonoides son pigmentos exclusivos de flores y frutos, también pueden encontrarse en todo el vegetal, incluidas la raíz, el tallo o las hojas.

Los fenoles desempeñan importantes funciones fisiológicas en los vegetales, y debido a su condición de polifenoles se oxidan con mucha facilidad y actúan como antioxidantes. También de una forma bastante general, los fenoles actúan como inhibidores del crecimiento de las plantas, aunque se han encontrado algunas estructuras, que de forma específica lo activan, al inhibir la degradación de una hormona vegetal que es la auxina. Particularmente, las semillas acumulan importantes cantidades de fenoles en sus cubiertas que actúan como un filtro para que el oxígeno no llegue al embrión, inhibiendo su germinación.

Muchos polifenoles presentan actividades terapéuticas y por ello, se han utilizado desde la antigüedad en fitoterapia. Los taninos, por ejemplo, confieren a las plantas que los poseen propiedades astringentes, vasoconstrictoras y antiinflamatorias. Las antraquinonas son laxantes, algunas calconas actúan como antihelmínticos y muchos isoflavonoides, furanocumarinas y estilbenos son antibacterianos y antifúngicos. Además al igual que en las plantas, en el hombre los polifenoles ingeridos formando parte de alimentos pueden actuar como antioxidantes y algunos estilbenos e isoflavonoides tienen actividad estrogénica dada su similitud estructural con el estrógeno de síntesis dietilestilvestrol. Finalmente destacar que muchos de estos compuestos que se encuentran en proporciones variables en los diferentes tipos de vinos, podrían ser responsables del efecto preventivo que tiene el consumo moderado de vino sobre las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y otras enfermedades degenerativas. Rodríguez-Carpena *et al.* (2011) determinaron un perfil fenólico de la pulpa, semilla y piel de palta, y los resultados se presentan en el **Tabla 8.4**.

En la **Tabla 8.5** se presentan la variabilidad de los polifenoles entre los diferentes sitios estudiados. Los modelos PLS mostraron una baja relación entre los factores de pre-cosecha y la concentración de fenoles en la fruta.

Tabla 8.4. Perfil fenólico de piel, pulpa y semilla de palta.

	Perfil fenólico (mg/100g de peso seco)									
	Catequinas		Ácido Hidroxibenzoico		Ácido Hidrocianamínico		Flavonoles		Procianidinas	
	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.
Piel	228,5	13,5	1,3	0,2	328,1	5,8	129,0	11,0	4.183,50	339,00
Pulpa	3,3	0,3	34,6	1,1	111,3	8,0	<límite de detección		73,40	1,20
Semilla	237,8	4,2	<límite de detección		282,7	6,9	1,7	2,5	4.592,00	129,40

Tabla 8.5. Composición de fenoles, tocoferoles y carotenos de los sitios experimentales ubicados en las zonas baja, medias y altas de la zona estudiada.

Zonas	Altitud m.s.n.m	Polifenoles mgEAG/100g	a-Tocoferol ppm	a-Tocotrienol ppm	γ-Tocoferol ppm	Tocoles totales ppm	Carotenos µg
Baja	112±5	222±12	65±13	44±6	3±0,9	112±9	135±4,7
Media baja	161±5	96±77	48±36	65±10	4±2	117±35	159±25
Media	342±5	143±66	47±15	45±13	2±0,6	94±27	121±26
Media alta	489±5	66±35	86±21	28±14	4±0,6	118±35	142±44
Alta	1.103±5	126±56	94±64	36±19	5±1,4	135±83	182±78

8.3 EFECTO DEL CLIMA SUELO Y MANEJO EN LA CONCENTRACIÓN DE TOCOFEROLES EN LA FRUTA DE PALTA

Los tocoferoles (vitamina E) son poderosos agentes antioxidantes (inhibidor natural de la peroxidación de lípidos *in vivo*), ayudan a mantener intacta la estructura y la actividad funcional de las membranas de células y previenen las reacciones de peroxidación de lípidos característica del fenómeno de enranciamiento, ligado a procesos como el envejecimiento.

En la Tabla 8.5 se presentan la variabilidad de los tocoferoles entre los diferentes sitios estudiados. Los PLS explican los factores que afectan la concentración de tocoferoles en la fruta (**Figuras 8.5 a 8.7**). Los tocoferoles totales están afectados por el clima (temperatura máxima absolutas enero); por el nivel del Mg en el mesocarpio; por la carga del árbol y materia seca de la fruta (Figura 8.7). Los mayores niveles de tocoferoles se encontraron en zonas donde las temperaturas máxima absolutas en enero son más altas; en árboles de baja carga; en frutas con bajos contenido de materia seca y altos niveles de Mg (Figura 8.7). Los niveles de tocoferoles son afectados por el clima pero en menor magnitud que los ácidos grasos. La cantidad de ácidos grasos oleicos y palmíticos es explicada en aproximadamente un 66% por el clima (Figura 8.3) y en los tocoferoles totales no más de un 20% es explicado por esta variable. Los alfatocoferoles están influidos por factores de precosecha similares a los indicados para los tocoferoles totales (Figura 8.5). Los alfatocotrienoles están afectados por el nivel de nitrógeno en la pulpa y la temperatura media anual (Figura 8.6). Por otra parte los betatocoferoles no presentaron relación con los factores de precosecha estudiados.

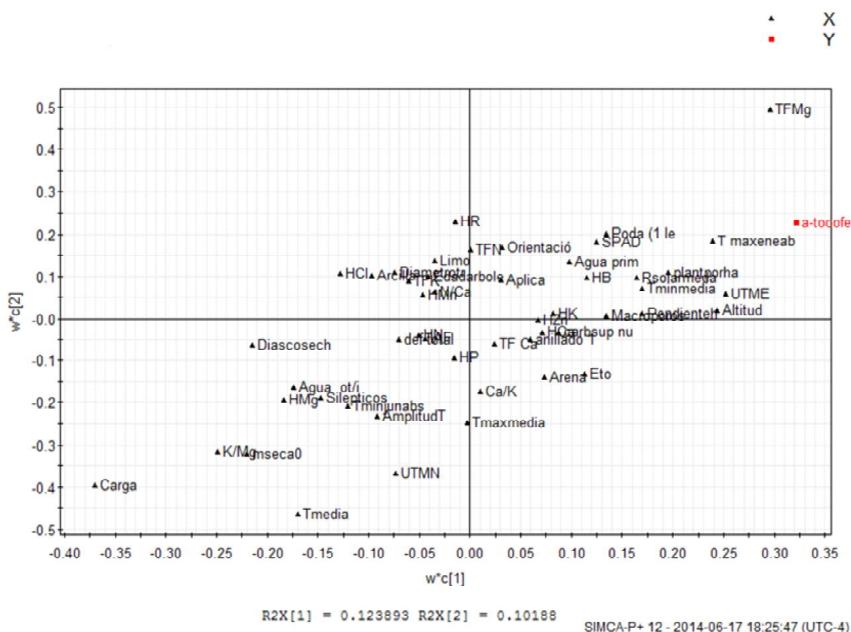


Figura 8.5. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre los α -Tocoferol de los sitios evaluados y el contenido nutricional de las planta y fruta; las características agroclimáticas; el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo.

Variable X = UTME : Universal TransverseMercatoreast; UTMN: Universal TransverseMercatornorth; Altitud: Altitud sobre el nivel del mar; Pendienteh: Pendiente de la hilera de plantación; Orientació: Orientación hilera de plantación; Diametrotr: Diámetro del tronco del árbol; SPAD: cantidad relativa de clorofila; Silepticos: Porcentaje de brotes silepticos; IAF: Índice de área foliar; Arena: Porcentaje de arena en el suelo; Limo: Porcentaje de limo en el suelo; Arcilla: Porcentaje de arcilla en el suelo; Macroporos: Porcentaje de macroporos en el suelo; TNF: Contenido de Nitrógeno en el mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en las hojas en Marzo; HP: Contenido de Fósforo en las hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en las hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en las hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en las hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en las hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en las hojas en Marzo; HB: Contenido de B en las hojas en Marzo;HCl: Contenido de Cl en las hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual;AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadarbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = alfa tocoferoles.

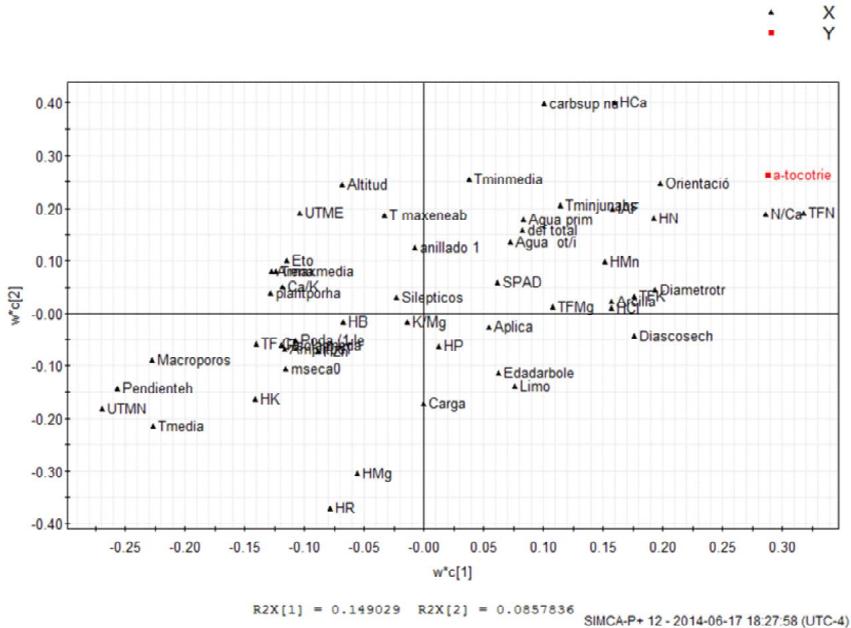


Figura 8.6. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre los α -tocotrienol de los sitios evaluados y el contenido nutricional de las planta y fruta; las características agroclimáticas; el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo

Variable X = UTME : Universal TransverseMercatoreast; UTMN: Universal TransverseMercatornorth; Altitud: Altitud sobre el nivel del mar; Pendienteh: Pendiente de la hilera de plantación; Orientació: Orientación hilera de plantación; Diametrotr: Diámetro del tronco del árbol; SPAD: cantidad relativa de clorofila; Silepticos: Porcentaje de brotes silepticos; IAF: Índice de área foliar; Arena: Porcentaje de arena en el suelo; Limo: Porcentaje de limo en el suelo; Arcilla: Porcentaje de arcilla en el suelo; Macroporos: Porcentaje de macroporos en el suelo; TNF: Contenido de Nitrógeno en el mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en las hojas en Marzo; HP: Contenido de Fosforo en las hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en las hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en las hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en las hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en las hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en las hojas en Marzo; HB: Contenido de B en las hojas en Marzo;HCl: Contenido de Cl en las hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual;AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadarbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = Tocotrienol.

8.4 EFECTO DEL CLIMA SUELO Y MANEJO EN LA CONCENTRACIÓN DE CAROTENOIDES EN LA FRUTA DE PALTA

La pulpa de la palta es considerada en diversas publicaciones como un alimento benéfico para la salud de las personas, Lu *et al.* (2005) señalan efectos anticancerígenos en células de cáncer prostático al ser inoculadas con extracto de palta, identificando a la luteína y otros carotenoides como responsables del efecto.

En la Tabla 8.5 se presentan la variabilidad de los carotenos entre los diferentes sitios estudiados. Los modelos PLS presentaron una baja relación entre los factores de precosecha y la concentración de carotenos en la fruta.

LITERATURA CITADA

- Ariza, J., López F., Coyot, J., Ramos, M., Díaz, J. y Martínez, A. 2011. Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. var. 'Hass'). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 2 (2): 263-276.
- Canvin D. 1965. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops. *Canadian Journal of Botany* 43 (1): 63-69.
- Donetti, M. and Terry, L. 2014. Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. 'Hass'. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 34 (1): 90-98
- Dreher, M. and Davenport, A. 2013. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53:738-750.

- Landahl, S., Meyer, M.D. and Terry, L.A. 2009. Spatial and temporal analysis of textural and biochemical changes of imported avocado cv. 'Hass' during fruit ripening. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 57:7039-7047.
- Meyer, M.D. and Terry, L.A. 2008. Development of a rapid method for sequential extraction and subsequent quantification of fatty acids and sugars from avocado mesocarp tissue. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 56:7439-7445.
- Lu, Q.Y., Zhang, Y., Wang, D., Lee, R., Gao, K., Byrns, R. and Heber, D. 2009. California avocado: profiling of carotenoids, tocopherol, fatty acid, and fat content during maturation and from different growing areas. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 57 (21):10408-10413.
- Lu, Q.- Y., Arteaga, J., Zhang, Q, Huerta, S., Go. V. L. and Heber, D. 2005. Inhibition of prostate cancer cell growth by an avocado extract: Role of lipid-soluble bioactive substances. *J. Nutr. Biochem.* 16: 23-40.
- Olaeta J., Undurraga P. and Schwartz M. 1999. Determinación de la evolución y caracterización de los aceites en paltas (*Persea americana* Mill.) cvs. 'Fuerte' y 'Hass' cultivados en Chile. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 117-122.
- Ozdemir, F. and Topuz, A. 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry* 86: 79-83
- Ranalli, A., De Mattia, G., Patumi, M. and Proietti P. 1999. Quality of virgin olive oil as influenced by origin area. *Grasas y Aceites* 50 (4): 249-259
- Ratovohery, J., Lozano, Y. and Gaydou E. 1988. Fruit development effect on fatty acid composition of *Persea Americana* fruit mesocarp. *J. Agric. Food Chem.* 36 (2):287-293.

- Requejo-Tapia, L.C., Woolf, A.B., Roughan, R. Schroeder, H. Young, and A. White 1999 Avocado Postharvest Research: 1998/99: Seasonal Changes in Lipid Content and Fatty Acid Composition of "Hass" Avocados Report to the NZ Avocado Industry Council. The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand Ltd. 27 p
- Rodríguez-Carpena, J., Morcuende, D., Andrade, M., Kylli, P., Estévez, M. 2011. Avocado (*Persea americana* Mill.) Phenolics, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities, and Inhibition of Lipid and Protein Oxidation in Porcine Patties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59 (10): 5625-5635.
- Takenaga, F., Matsuyama, K., Abe, S. Torii, Y. and Itoh, S. 2008. Lipid and fattyacidcomposition of mesocarp and see of avocado fruits harvested at northern range in Japan. J. Oleo Sci. 57 (11): 591 - 597
- Kaiser, C. and Wolstenholme, B.N. 1993. Aspects of late hung "Hass" avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in the Natal midlands I. Fruit lipid and fatty acid accumulation. South African Avocado Grower's Association Yearbook, 16:39-45.
- Kaiser, C. and Wolstenholme, B.N. 1994. Aspects of delayed harvest of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in cool subtropical climate. I. Fruit lipid and fatty acid accumulation. Journal of Horticultural Science. 69 (3): 437-445

Optimización de la Calidad de Palta 'Hass'

Herramientas Para Enfrentar
Nuevos Desafíos



PATROCINAN:



FONDECYT
Fondo Nacional de Desarrollo
Científico y Tecnológico

