



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

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 recepcionar 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**).

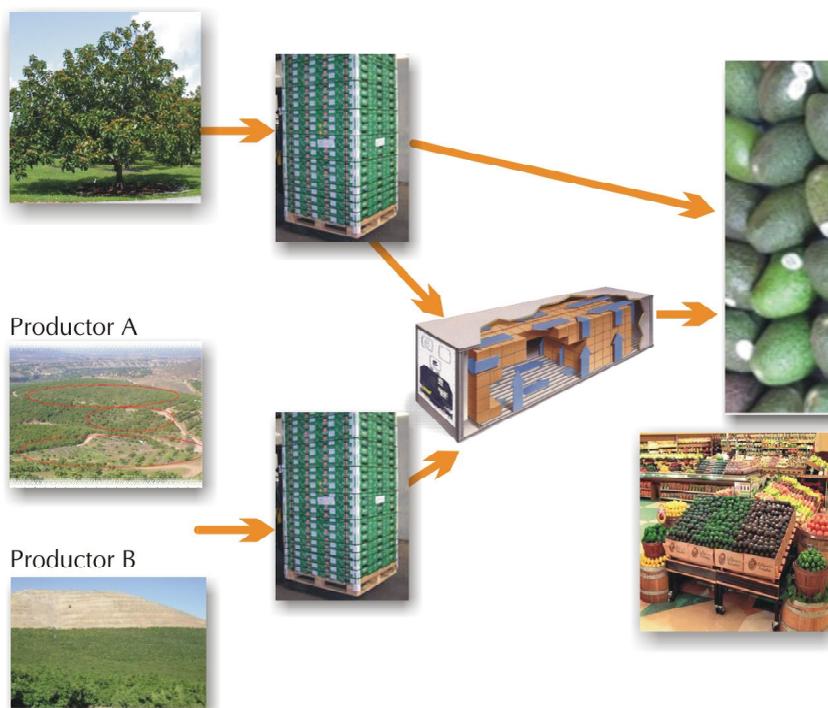


Figura 3.1. Origen de la heterogeneidad a nivel de consumidor en paltas.

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,

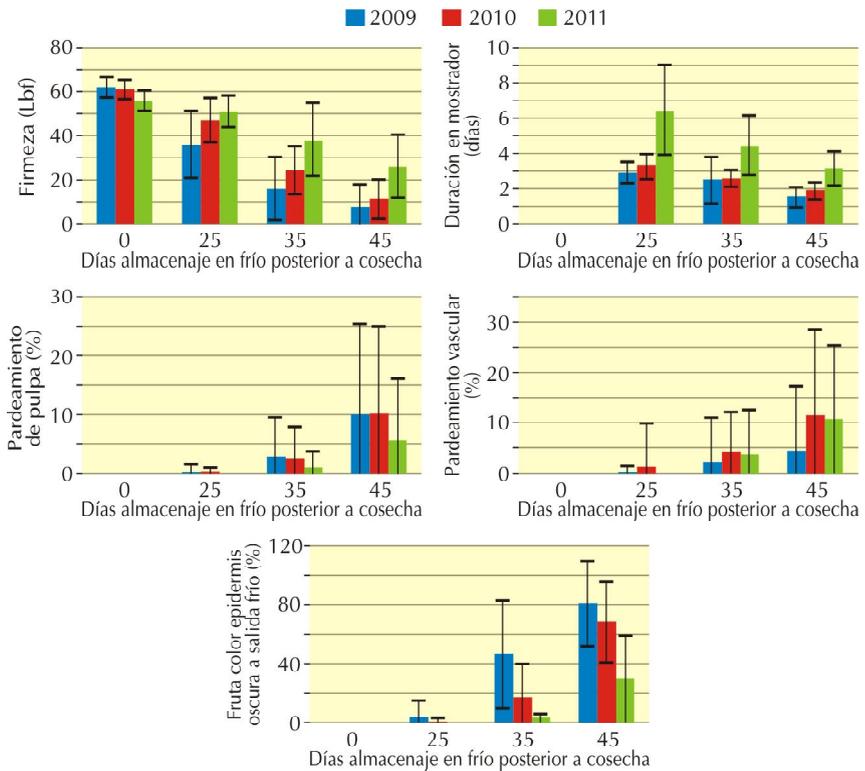


Figura 3.2. Valores promedio y variabilidad (desviación estándar) de la fruta estudiada (42 huertos), en cuanto a parámetros de postcosecha (firmeza, viraje de color, pardeamiento de pulpa, pardeamiento vascular y duración en mostrador) en tres temporadas.

% 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

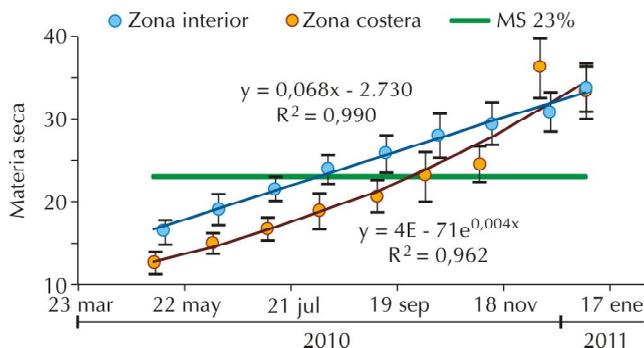


Figura 3.3. Evolución de la materia seca en dos huertos de palta 'Hass' sobre patrón Mexícola.

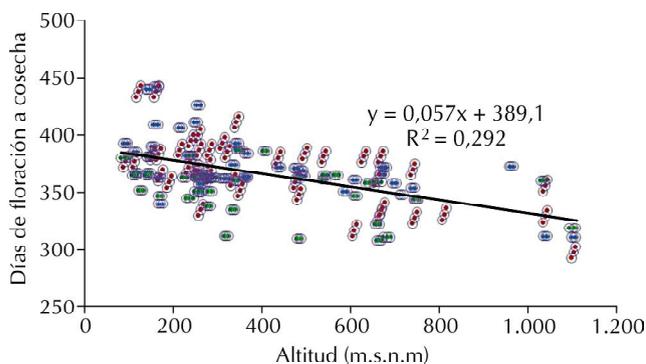


Figura 3.4. Relación entre los días de floración a cosecha y altitud en 42 huertos durante tres temporadas (verde: temporada 2009; rojo: temporada 2010 y azul: temporada 2011).

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.

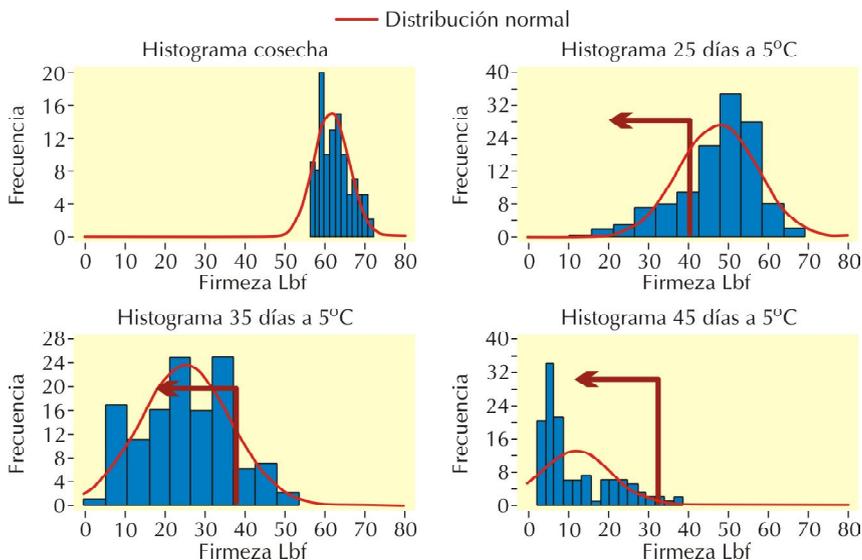


Figura 3.5. Distribución de firmezas en fruta proveniente de 42 huertos durante la temporada 2009-2010. Las paltas se almacenaron por 25, 35 y 45 días a 4-5°C.

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".

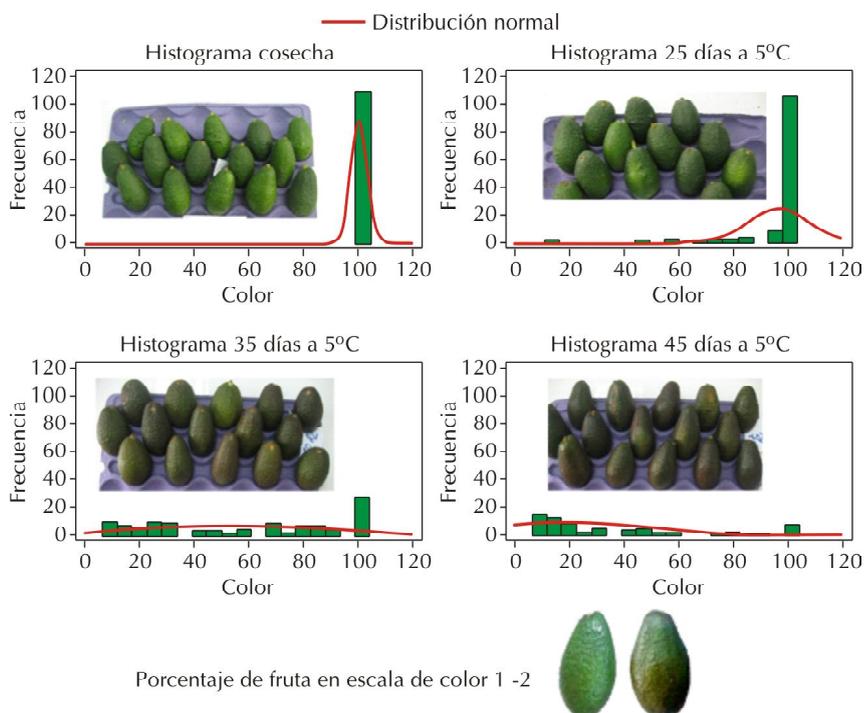


Figura 3.6. Histograma de frecuencia del porcentaje de paltas, en escala de color 1-2, obtenidas desde 42 huertos durante la temporada 2009-2010. Las paltas se almacenaron por 25, 35 y 45 días a 4-5°C.

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-

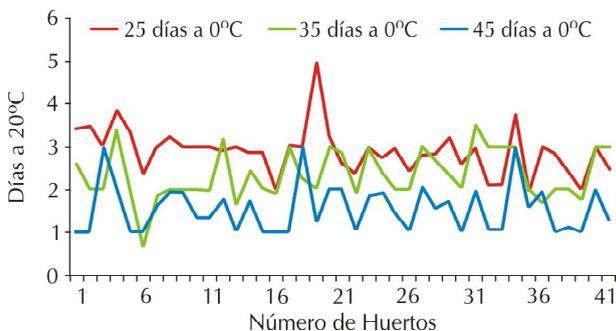


Figura 3.7. Tiempo a madurez de consumo en paltas almacenadas por 25, 35 y 45 días a 4-5°C y obtenidas desde 42 huertos durante la temporada 2009-2010.

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.

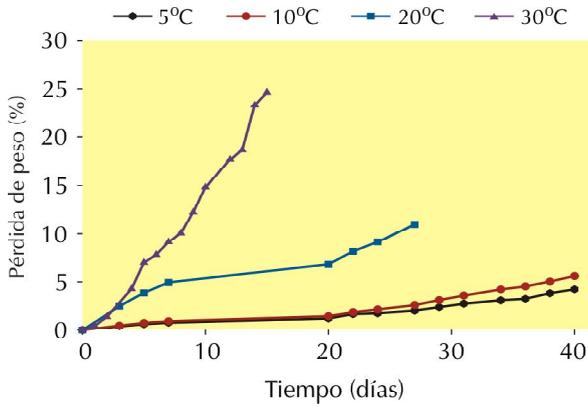


Figura 3.8. Efecto de la temperatura de exposición de 5°C, 10°C, 20°C y 30°C sobre la pérdida de peso.

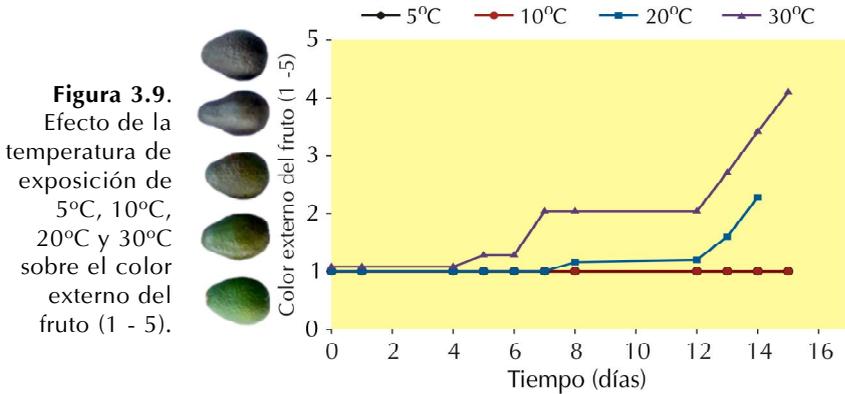


Figura 3.9. Efecto de la temperatura de exposición de 5°C, 10°C, 20°C y 30°C sobre el color externo del fruto (1 - 5).

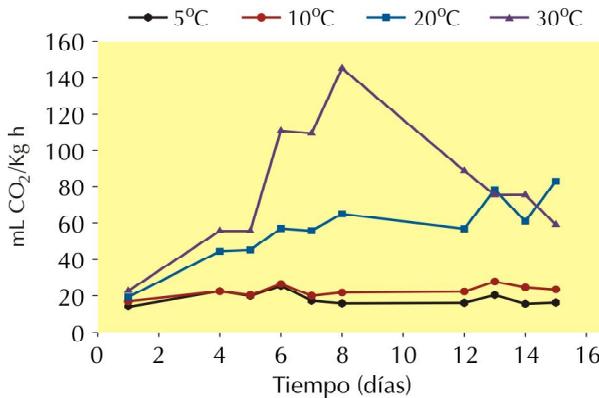


Figura 3.10. Efecto de la temperatura de exposición de 5°C, 10°C, 20°C y 30°C sobre la tasa respiratoria del fruto.

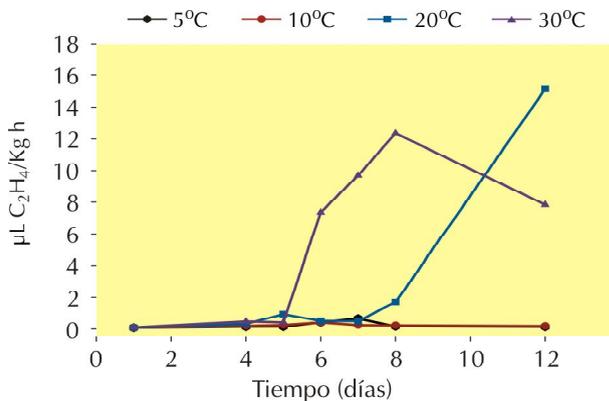


Figura 3.11. Efecto de la temperatura de exposición de 5°C, 10°C, 20°C y 30°C sobre la tasa de producción de etileno.

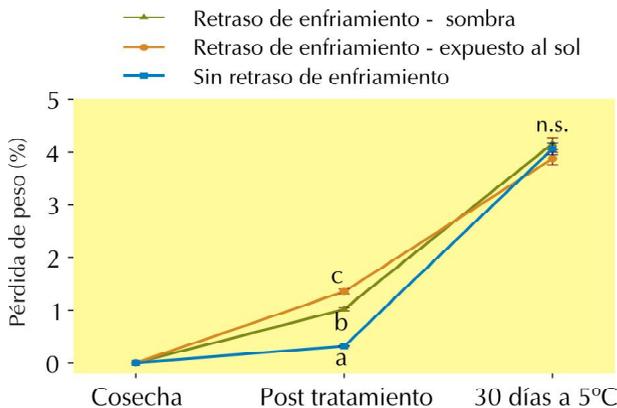


Figura 3.12. Efecto del retraso de enfriamiento por 24 horas en condiciones de sombra (temperatura de pulpa: 20°C) y luz solar directa (temperatura de pulpa: 28°C) sobre la pérdida de peso del fruto luego de 24 horas (post tratamiento) y luego de 30 días de almacenaje a 5°C.

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**).

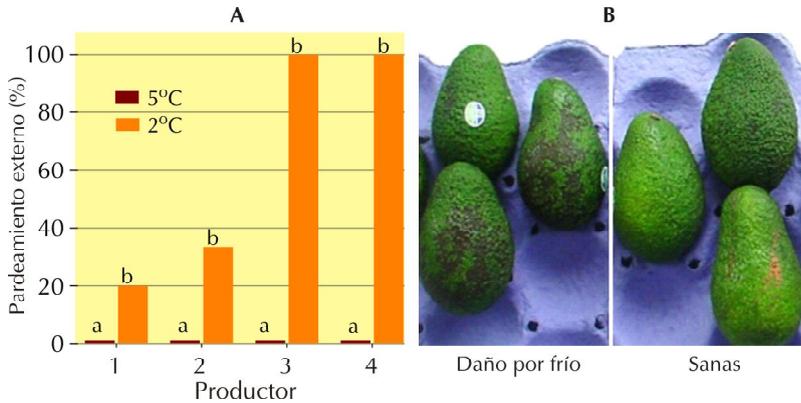


Figura 3.13. A. Efecto de la temperatura de almacenaje de 2°C y 5°C sobre el desarrollo de pardeamiento externo del fruto.
B. Síntomas de daño por frío en paltas 'Hass'.

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

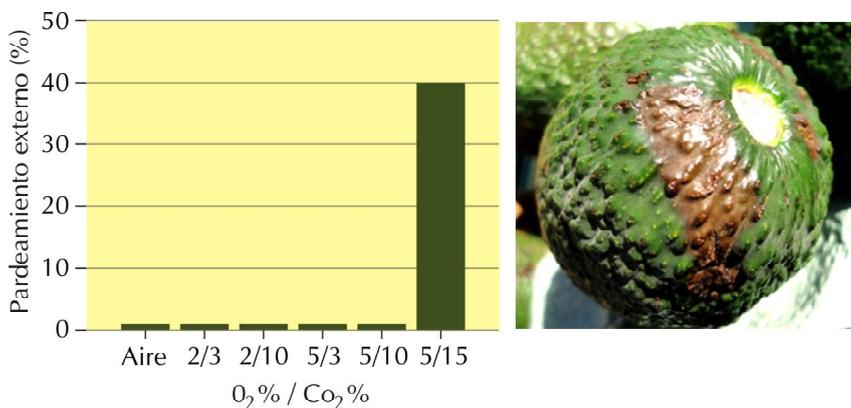
Tabla 3.2. Días a madurez de consumo en palta 'Hass' posterior a almacenamiento a 5°C en aire regular (AR) y atmósfera controlada (AC; 4% O₂ y 6% CO₂).

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-

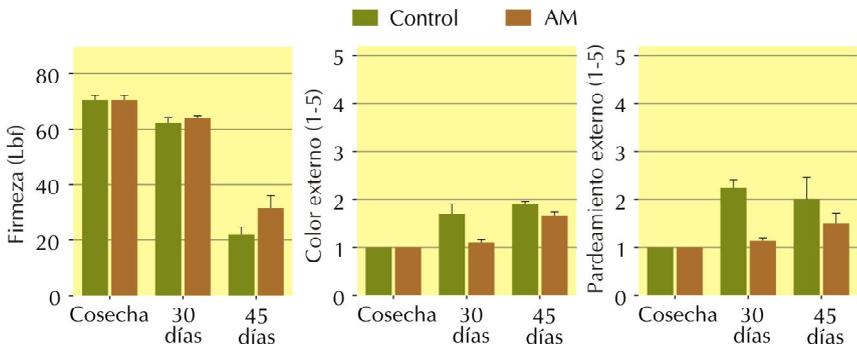


Figura 3.15. Efecto del uso de atmósfera modificada (AM) sobre la firmeza de la pulpa, color y pardeamiento externo de palta 'Hass' a cosecha y luego de 30 y 45 días de almacenaje a 5°C. Escala color (1-5), donde 1= verde y 5= negro; Escala de pardeamiento externo, donde 1= sano; 5= pardeamiento severo.

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**).

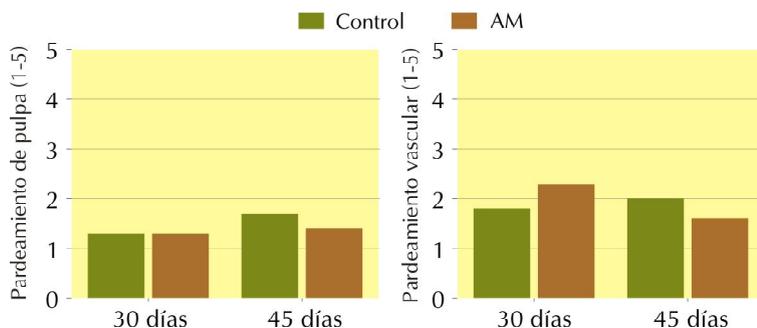


Figura 3.16. Efecto del uso de atmósfera modificada (AM) sobre el pardeamiento de pulpa y pardeamiento vascular de palta 'Hass' durante 'shelf life' a 20°C, luego de 30 y 45 días de almacenaje a 5°C. Escala de pardeamiento de pulpa y vascular, donde 1= sano y 5= pardeamiento severo.

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.

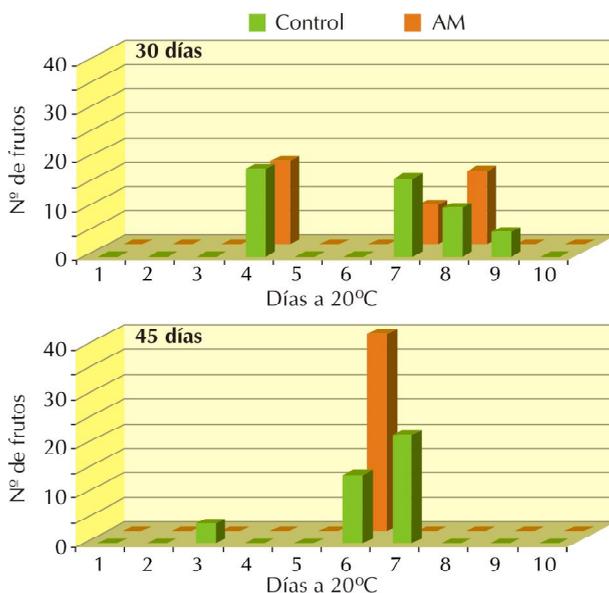


Figura 3.17. Distribución de los días a madurez de consumo a 20°C, luego de 30 y 45 días de almacenaje a 5°C, para frutos almacenados en atmósfera modificada (AM) y aire regular (control).

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

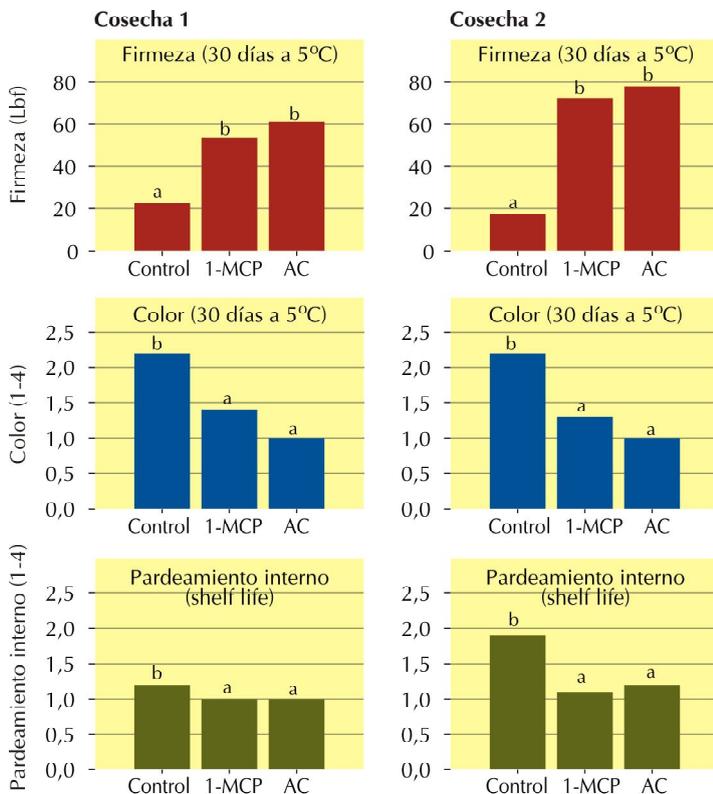


Figura 3.18. Efecto de la aplicación de 1-MCP y atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂) sobre la firmeza y color luego de 30 días a 5°C; y el pardeamiento interno luego de 30 días a 5°C más período de 'shelf life' a 20°C hasta madurez de consumo, en paltas 'Hass' de la cosecha 1 (23% materia seca) y cosecha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

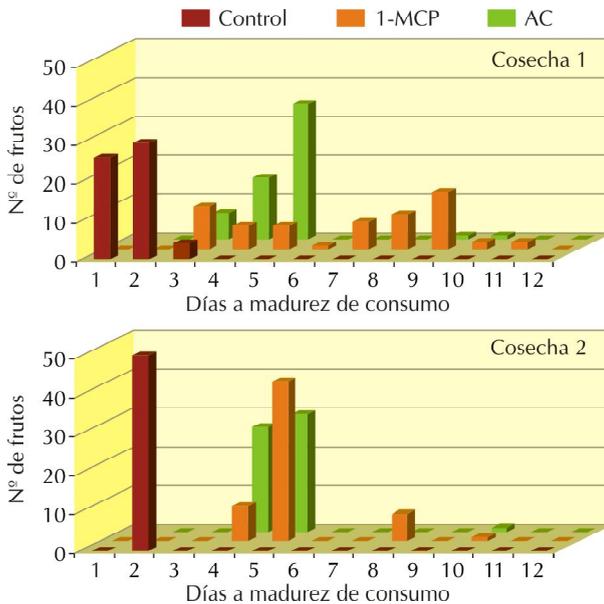


Figura 3.19. Dispersión de los días a madurez de consumo en paltas 'Hass' de la cosecha 1 (23% materia seca) y cosecha 2 (26,3% materia seca), aplicadas con 1-MCP, atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂) y aire regular (control).

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.