



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTO DE LA ATMÓSFERA CONTROLADA Y
MANEJO DE TEMPERATURA EN LA CALIDAD
DE PALTA HASS**

DIANA SALOMÉ QUEZADA TOBAR

SANTIAGO - CHILE
2005

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
Antecedentes generales	7
Almacenamiento en atmósfera controlada	8
MATERIALES Y MÉTODO	10
Esquema del experimento	10
Evaluaciones a cosecha	11
Evaluaciones en postcosecha	12
Determinación de desórdenes fisiológicos	13
Diseño experimental y análisis estadístico	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
Evaluaciones a salida de frío	16
Tasa de producción de etileno	16
Firmeza	18
Calidad externa a salida de frío	20
Pardeamiento externo	20
Color	22
Calidad interna a salida de frío	24
Pardeamiento interno	24
Pérdida de iones	25
Evaluaciones en período de exposición y venta (PEV)	26
Evolución de madurez en PEV	27
Calidad externa en PEV	33
Color	33
Calidad interna en PEV	35
Pardeamiento interno	35
Senescencia	40
Pudriciones	41
Frutos no comerciables	43
CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS Y APÉNDICES	48

RESUMEN

El ensayo se realizó en la Unidad de Postcosecha de INIA La Platina, en el marco del proyecto FONDEF "Desarrollo de sistema de gestión para mejorar la competitividad de palta chilena: aplicación en tecnologías de postcosecha" (D 02 I 1015), con el objetivo de definir condiciones de almacenamiento de palta Hass en atmósfera controlada. Para ello se almacenaron frutos de palta variedad Hass a distintas concentraciones de O₂ y CO₂, a dos temperaturas de 4 y 6°C durante 20, 30 y 45 días.

Se evaluaron parámetros de calidad como tasa de producción de etileno, respiración, firmeza, desarrollo de color, pardeamiento externo, pardeamiento vascular, pardeamiento de pulpa entre otros, a salida de frío y en el período de exposición y venta (PEV).

Durante almacenamiento en frío todos los tratamientos AC, a ambas temperaturas, permitieron inhibir ablandamiento de pulpa, tendencia que se marcó notoriamente, al comparar con el testigo, a 6°C a los 30 y 45 días de almacenaje.

En la evaluación a salida de frío, se observó pardeamiento de la piel en la fruta almacenada en AC 5/15 (5% de O₂ y 15% de CO₂) a 6°C, síntoma similar al que presentó la fruta a 4° C en la salida de frío de los 45 días, lo cual indica que este daño sobre la fruta fue inducido tanto por un alto nivel de CO₂ como también por período prolongado de exposición a la temperatura más baja. No se apreció pardeamiento interno a salida de frío, en ninguno de los tratamientos.

Durante el PEV la fruta presentó una evolución normal de la madurez, dada por desarrollo de color y ablandamiento, de acuerdo a lo registrado en la literatura para esta variedad. Sin embargo, hubo mayor cantidad de frutos senescentes, a 4 y a 6° C, en las evaluaciones de la fruta que tuvo mayor tiempo de almacenaje (45 días) y particularmente en AC 5/15, que indica asimismo un efecto de posible toxicidad de esta combinación de gases por el alto nivel de CO₂.

La fruta del tratamiento AC 2/3 en PEV para ambas temperaturas probadas, redujo la incidencia de desórdenes evaluados en este ensayo, incluso en los períodos más prolongados de 30 y 45 días, siendo ésta la concentración que obtuvo los mejores resultados para este estudio.

La aplicación de etileno a la salida de frío no tuvo efecto, en las condiciones de realización de este ensayo, pues no se detectaron diferencias estadísticas en ninguno de los parámetros evaluados en el PEV.

Palabras claves:

- **Palta**
- ***Persea americana* Mill.**
- **Atmósfera controlada**
- **Postcosecha**

ABSTRACT

The experiment was carried out at the Unit of Postharvest of INIA-La Platina within a FONDEF Project, with the objective of defining storage conditions in Hass avocado kept in controlled atmosphere (CA). In such trial avocado fruit were kept at different O₂ and CO₂ concentrations, at two temperatures of 4 and 6°C during 20, 30 and 45 days of storage.

Quality parameters like ethylene production and respiration rates, firmness, skin color development, skin browning, vascular browning, pulp browning, among others, were measured, both right after cold storage and after shelf life period, i.e. the time required for the fruit to reach an edible, ripe stage.

During cold storage all CA treatments, at both temperatures, resulted in reduced pulp softening, a trend that was particularly marked when comparison was made with fruit from the control treatment after 30 and 45 days of storage at 6°C.

After cold storage skin browning was observed in fruit stored in CA 5/15 (5% O₂ and 15% CO₂) at 6° C, showing a similar symptom as the fruit stored at 4°C for 45 days, indicating that this damage to the fruit was both induced by high levels of CO₂, as in the first case, and also by prolonged exposure to colder temperature leading to chilling injury. No internal browning was present in any of the treatments right after cold storage.

During shelf life, fruit showed a normal ripening evolution as indicated by skin color development and softening, accordingly to the literature for the Hass variety. However, an increased proportion of senescent fruit was present, at 4°C and 6°C, in the most extended storage period (45 days), particularly for CA 5/15, indicating a possible effect of toxicity of this gas combination as derived from high CO₂ level.

Fruit from the CA 2/3 treatment stored at both temperatures reduced the incidence of physiological disorders in shelf life, even for the more prolonged periods of 30 and 45 days, being this the gas combination that obtained the best results in this study.

Ethylene application after cold storage did not result in consistent effects, under the conditions of this trial, since no statistical differences were attained in any of the parameters evaluated in shelf life.

Key words: - Avocado
- *Persea americana* Mill.
- Controlled atmosphere
- Postharvest

INTRODUCCIÓN

Chile cuenta con ventajas sanitarias en el cultivo de palto, situándose como la tercera especie frutal con mayor superficie en el país con 21.982 hectáreas (ODEPA-CIREN, 2003). La plantación de huertos de paltos en Chile, concentrada principalmente entre la Cuarta y la Sexta Región, se ha venido desarrollando con un crecimiento casi exponencial en los últimos años, adquiriendo el primer lugar dentro de los frutales de hoja persistente (Gallegos, 2002).

De las exportaciones de palta el 99,8% corresponde a la variedad Hass. Los envíos efectuados entre mayo del 2004 y el 03 de enero del 2005 suman 110.930 toneladas, equivalentes a 11,2 millones de cajas, con un incremento del 31% respecto al mismo período del año anterior (ASOEX, 2005).

La situación actual hace imperativo un replanteamiento del negocio, diversificando los destinos y buscar ventanas de comercialización en relación con la estacionalidad de los países importadores-productores, junto con seguir desarrollando estrategias de promoción de su consumo, basándose en sus excelentes propiedades nutritivas (Fundación Chile, 2002).

Los mercados más atractivos tanto en volúmenes, precios y consumo creciente, seguirán siendo Estados Unidos, Europa, por ejemplo Francia, y Japón, para lo cual es indispensable no descuidar la calidad, mejorando y perfeccionando los sistemas de almacenaje en la postcosecha de esta especie, específicamente en var. Hass (Fundación Chile, 1999).

Es así como el perfeccionamiento de la atmósfera controlada (AC) en paltas, una tecnología que se viene usando en el país hace unos diez años en diversos productos (Fundación Chile, 2003), permitiría llegar a mercados exigentes con un producto en buenas condiciones de comercialización y consumo.

Como ya ha sido probado la AC, aplicada en paltas, retarda la maduración y controla desórdenes fisiológicos característicos como son el pardeamiento de fibras, manchas en la pulpa y en algunos casos maduración anómala, esta condición limitaría su llegada a mercados más lejanos como Asia con tránsitos superiores a 35 días (Fundación Chile, 2003).

En consideración a lo anterior, para este trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar en palta Hass, combinaciones de gases (CO_2 y O_2) y temperaturas en relación con su comportamiento de postcosecha.
- Evaluar los efectos de la aplicación de etileno al momento de sacar la fruta del frío.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes generales

Las paltas están clasificadas dentro del grupo de frutos climatéricos, los cuales se caracterizan por un alza en la respiración (climaterio) precedido de un máximo en la producción de etileno en forma paralela al desarrollo de características de maduración (Eaks, 1983).

La maduración está dada por la sucesión de diversos procesos fisiológicos, de los cuales uno de los más evidentes es el ablandamiento de la pulpa, que está asociado a importantes modificaciones de la pared celular. Asimismo, en la variedad Hass, se presenta el cambio de color de la piel desde verde a púrpura y negro (Lewis, 1978).

En la mayoría de las áreas productoras de paltas y desde 1983 en California (Ranney et al., 1992), el índice de madurez utilizado por su alto grado de correlación con el contenido de aceite, es el porcentaje de materia seca. El mínimo requerido para "Hass" en California es de 20,8% de materia seca (Kader y Arpaia, 2003). En Chile se utiliza como índice de madurez el contenido de aceite, siendo un 9% el mínimo recomendado por el Comité de Paltas de la Asociación de Exportadores para el año 2002 (Comité de Paltas, Chile 2002).

La herramienta más importante para el almacenamiento y transporte de productos frutícolas es la baja temperatura (Lyons, 1973). Sin embargo, la reducción de temperatura para almacenajes prolongados está limitada por la susceptibilidad al daño por frío. El palto es una especie de origen subtropical sensible a bajas temperaturas (Pesis et al., 1994), presentando algunas alteraciones fisiológicas y bioquímicas, manifestadas en síntomas visuales, conocidos en su conjunto como daño por frío (Zamorano et al., 1994).

Zauberman et al. (1973), señalan que el daño por frío, a pesar de ser producido en el almacenamiento, se visualiza recién en el período de simulación de comercialización apreciándose cambios de color de la pulpa (gris pardo) y de la piel, además de depresiones de la misma en variedades de cascara verde. Lee y Young (1984), agregan a esta lista, síntomas de oscurecimiento de los haces vasculares, anomalías en la maduración y un incremento en la susceptibilidad a enfermedades.

Una medición fisiológica analítica y objetiva, para definir inducción al daño por frío, es aquella que determina la pérdida de iones como resultado del daño en las membranas al ser expuestas a bajas temperaturas. Woolf (1997), reporta una buena correlación ($R = 0,81$) entre pérdida de electrolitos y pardeamiento de la piel en Hass sometida a daño por frío.

En cuanto al etileno, éste es un agente fundamental en la maduración de las paltas y se utiliza en forma comercial para promover y sincronizar la maduración de consumo de fruta. No obstante, cuando el objetivo es prolongar la vida de postcosecha del fruto, se utilizan diversas técnicas para reducir su efecto en el período de almacenamiento. De acuerdo a los resultados de Lee y Young (1984) una concentración de etileno de 100 ppm aumenta la sensibilidad de las paltas al daño por bajas temperaturas.

Eaks (1983), estudió el efecto de almacenamiento de palta Hass a 0, 5 y 10°C, determinando que un almacenamiento por 4 a 6 semanas a 0°C ó 5°C produjo daño por frío, modificando la normal fisiología del fruto con un ablandamiento anormal y una menor síntesis de etileno, hipotetizando que el daño por frío puede reducir la producción de etileno y esta sería una probable causa de la anormal maduración del fruto durante el período de comercialización.

Kader y Arpaia (2003), establecen como temperatura óptima 5 a 13°C para paltas verde-maduras (con madurez fisiológica o de cosecha), dependiendo de la variedad y de la duración del período de baja temperatura, y de 2 a 4°C para paltas con madurez de consumo.

Almacenamiento en atmósfera controlada

Una alternativa para el almacenaje de paltas es por medio de modificaciones de la atmósfera de almacenamiento. El uso de la atmósfera controlada (AC) en paltas, presenta las siguientes ventajas (Eksteen, 1992):

1. El tiempo de almacenaje y período de comercialización, puede aumentarse considerablemente,
2. El daño por frío puede ser reducido drásticamente,
3. Los desórdenes fisiológicos pueden ser reducidos a un mínimo.

Figuroa (1994), encontró en su investigación que para la variedad Hass los mejores resultados respecto a la apariencia lo logró la atmósfera 5% CO₂ y 2% O₂, calificando entre "bueno" y "muy bueno", para un período de almacenaje de 35 días en AC. Carrillo (1991), para la variedad Fuerte, obtuvo los mejores resultados con la atmósfera 5% CO₂ y 5% O₂, para un período de almacenamiento de 32 días en AC. Por su parte Mondaca (2003), en las atmósferas con mayores niveles de CO₂ (15 y 10%), con sus respectivos niveles de O₂ (5 y 10%), obtuvo los mejores resultados.

Kader y Arpaia (2003), señalan que la AC óptima que, en su caso correspondería a 2-5% O₂ y 3-10% CO₂, retarda el ablandamiento y los cambios de color de la piel, disminuye las tasas de respiración y de producción de etileno. Determinaron también, que la palta Hass verde-madura puede conservarse a 5-7°C en 2% O₂ y 3-5% CO₂ por 9 semanas, y entonces madurarse en aire a 20°C para alcanzar buena calidad, junto con esto recomiendan la eliminación del etileno del almacenamiento de AC. Otro resultado interesante, de los mismos autores, fue que las concentraciones mayores a 10% CO₂ pueden incrementar el pardeamiento de la piel y pulpa, además de la generación de sabores desagradables, especialmente cuando el O₂ se encuentra en concentraciones inferiores a 1%.

MATERIALES Y MÉTODO

Los tratamientos y la evaluación de los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Postcosecha de INIA, Centro Regional de Investigación (CRI) La Platina, ubicado en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana.

Se utilizaron frutos de palto (*Persea americana* Mill.), variedad Hass de calidad exportable proveniente de un huerto de la zona de Pomaire. La fruta se cosechó el 28 de octubre de 2003, con un 24,5% de materia seca equivalente a 9,9% de aceite. Una vez cosechada, la fruta se seleccionó, embolsó y enfrió en la planta Polpaico de la empresa Agricom. Luego de haber sido enfriada, la fruta se transportó en vehículo refrigerado (4°C) a INIA La Platina.

Se evaluaron 10 frutos en cada salida del almacenaje refrigerado. Para la evaluación en el período de exposición y venta (PEV), se dejaron 40 frutos en total, 20 con aplicación de etileno y 20 sin aplicación de etileno. Además, se tomaron 8 frutos para mediciones de respiración y producción de etileno, siendo estos mismos de donde se extrajeron las muestras para evaluar pérdida de iones.

Esquema del experimento

-Temperaturas de almacenamiento: 4 y 6°C.

-Condiciones de almacenamiento: las paltas se almacenaron en contenedores herméticos de 140 L (flujo continuo) con las siguientes concentraciones de gases, (Cuadro 1):

Cuadro 1. Esquema de las distintas combinaciones gaseosas aplicadas, correspondientes a cada tratamiento.

Tratamientos	[O ₂]	[CO ₂]
T1	21%	0%
T2	2%	3%
T3	2%	10%
T4	5%	3%
T5	5%	10%
T6	5%	15%

- Tiempo de almacenamiento: se consideraron tres periodos de almacenaje: 20, 30 y 45 días, a 4 y 6°C, posterior a estos periodos cada uno de ellos se colocaron en

atmósfera normal (aire) a 20°C hasta cuando en forma individual alcanzó su condición de madurez de consumo (0,5 - 1,0 Kgf).

- Requerimiento de material vegetal: se consideró cada fruto como una repetición. En el caso de las evaluaciones inmediatamente posteriores al almacenamiento refrigerado se evaluaron 10 frutos por tratamiento, mientras que en el PEV se evaluaron 20 frutos con aplicación y 20 frutos sin aplicación de etileno.

Evaluaciones a cosecha

Se realizó una evaluación inicial a una muestra representativa de 10 frutos, antes de comenzar los diferentes tratamientos. Se determinaron los siguientes parámetros:

- Contenido de aceite (%): Se estimó a través del contenido de humedad, debido a que existe una alta correlación entre estas dos variables, la cual tiene un comportamiento inversamente proporcional, en donde a medida que se incrementa el contenido de aceite se produce una disminución del contenido de humedad. Esta correlación es posible expresarla a través de una ecuación de regresión simple (Esteban, 1993):

$$\% \text{ aceite Hass} = 53,4838 - 0,5767 * (\% \text{ de humedad})$$

La determinación de materia seca y, por ende, el porcentaje de humedad (Apéndice 4), se efectuó tomando muestras de pulpa. Cada fruto se partió por la mitad en forma longitudinal y de cada mitad se sacaron dos lonjas abarcando todo el largo del fruto. Luego las muestras se colocaron en pocillos termorresistentes y se introdujeron en una estufa de laboratorio con vacío sometándose a secado a temperatura constante de 60°C durante 48 horas, donde permaneció hasta llegar a peso estable. El porcentaje de humedad de cada muestra se calculó mediante el peso antes y después del secado medido con balanza de precisión. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{(\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}) \times 100}{\text{Peso muestra húmeda}}$$

- Firmeza de pulpa (kgf): se utilizó un penetrómetro manual Effegi (émbolo 7,9 mm), realizando las mediciones en las dos caras opuestas de la zona ecuatorial de cada fruto, previa remoción de la epidermis.

- Color de piel: se utilizó colorímetro triestímulo Minolta Chromameter (a, b, y L) y apreciación visual. El cambio de color de la palta en maduración o PEV se evaluó como lo describen Meir et al. (1997), en una escala de 1 a 5: (1) verde, (2) cambio de verde a pardo, (3) mitad verde-mitad pardo, (4) pardo con trazas de verde y (5) color de fruto maduro Hass (negro-morado) (ver escala de color en Anexo 1).

Varios de los parámetros descritos también se consideraron como variables para la caracterización de la maduración durante postcosecha.

Evaluaciones en postcosecha

Se evaluó la fruta en postcosecha luego de los diversos periodos de almacenamiento refrigerado después de alcanzar madurez de consumo, la cual fue definida en forma individual por firmeza al tacto. La maduración de la palta se realizó a 20°C puesto que a menores temperaturas se han reportado problemas de obtención de color negro/morado característico de la palta apta para consumo (Hofman et al., 2002). Posterior a las salidas de frío se indujo maduración ala mitad de la fruta a través de la aplicación de etileno a una concentración de 100 ppm para reproducir condiciones de aplicación comercial.

Luego de los respectivos períodos de almacenamiento refrigerado y durante el periodo de exposición y venta (PEV), para cada tratamiento los parámetros evaluados fueron:

- Determinación de color: (anteriormente descrito).
- Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$): esta evaluación se realizó sólo a salida de frío. Se tomó una muestra de 8 frutos, cada uno de los cuales se colocó en un frasco herméticamente sellado, de volumen conocido, durante un tiempo que aseguró la acumulación de etileno a niveles detectables (aproximadamente 12 horas). Durante este período se mantuvo en una cámara con una temperatura constante de 20°C. Con una jeringa de 1 ml, se tomó una muestra de aire cuyo contenido de etileno se determinó utilizando un cromatógrafo de gases Shimadzu GC 8 A, con una columna de alúmina y detector de ionización de llama (FID).
- Tasa respiratoria ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$): esta evaluación se realizó sólo a salida de frío, momento en el cual se extrajo una muestra de aire de 1 ml de los mismos frascos utilizados para medir tasa de producción de etileno. Esta muestra se inyectó en un cromatógrafo de gases Perkin-Elmer Autosystem XL con columna y detector TCD (conductividad térmica) para definir niveles de O_2 y CO_2 .

- Evolución de la firmeza: posterior al almacenaje refrigerado se llevó la fruta a una cámara de maduración a 20°C (período de exposición y venta). En el momento que la fruta alcanzó firmeza apta para consumo, determinada usando presión ligera manual (Hofman et al., 2002), su evolución hasta tal condición se correlacionó con determinaciones cuantitativas utilizando penetrómetro de pulpa con un émbolo de 7,9 mm (Hofman et al, 2002).

Determinaciones de desórdenes fisiológicos

- La determinación de pardeamiento externo (epidermis), pulpa pardeada, pardeamiento vascular y manchas en la pulpa, se hizo visualmente como describe Aguirre (1994). Las escalas que se utilizaron se detallan en los cuadros 2, 3, 4 y 5:

Cuadro 2. Escala de intensidad de pardeamiento externo.

ESCALA	CLASIFICACIÓN	PIEL AFECTADA(%)
1	Sin daño	0
2	Moderado	1-10
3	Severo	> 10

Fuente: Aguirre, 1994.

Cuadro 3. Escala de intensidad de pardeamiento de pulpa.

ESCALA	CLASIFICACIÓN	PULPA AFECTADA(%)
1	Sin daño	0
2	Leve	<10
3	Moderado	11-25
4	Severo	26-50
5	Muy severo	>50

Fuente: Aguirre, 1994.

Cuadro 4. Escala de intensidad de pardeamiento vascular.

ESCALA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Sin daño	-----
2	Leve	Puntos pardos en zona basal o superior
3	Moderado	Puntos pardos en zona basal y superior
4	Severo	A lo largo de toda la pulpa, color pardo tenue
5	Muy severo	A lo largo de toda la pulpa, color pardo oscuro

Fuente: Aguirre, 1994

Cuadro 5. Escala de intensidad de manchas de pulpa.

ESCALA	CLASIFICACIÓN	N° DE MANCHAS
1	Sin daño	0
2	Leve	<3 con $0 \geq 0,5$ cm ó 3 - 5 con $0 < 0,5$ cm
3	Moderado	3 - 5 con $0 \geq 0,5$ cm ó 6- 10 con $0 < 0,5$ cm
4	Severo	6 - 10 con $0 \geq 0,5$ cm ó > 10 con $0 < 0,5$ cm
5	Muy severo	> 10 con $0 \geq 0,5$ cm

Fuente: Aguirre, 1994.

- Pérdida de iones: adicionalmente, la medición de daño por frío se efectuó en forma analítica y objetiva mediante la técnica de pérdida de iones o "ion leakage", la cual se realizó como describen Pesis et al. (1994) en la siguiente forma: discos de pulpa de palta de similar peso fueron mantenidos durante 3 horas en 10 ml 0,3 M de manitol (cinco muestras por tratamiento) solución que fue agitada por un tiempo determinado a temperatura controlada (25°C). Al cabo de la agitación se midió la conductividad de la solución. Las muestras se colocaron por la noche en congelador (-20°C) y fueron descongeladas a temperatura constante y hervidas por 10 minutos, y nuevamente se registró la conductividad de la solución. El valor de pérdida de iones se expresó como cambio en el porcentaje de conductividad total por hora.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con 6 tratamientos, incluido el testigo. La unidad experimental fue el fruto, y cada uno de ellos constituyó una repetición. Cuando se encontraron diferencias significativas, para las variables paramétricas, las medias fueron separadas mediante LSD con un nivel de significación del 5 % ($p \leq 0,05$).

En el caso de las variables no paramétricas se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y al presentar diferencias se realizó la prueba de comparación múltiple SNK al 5 % ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones a salida de frío

Tasa de producción de etileno

Cuadro 6. Tasa de producción de etileno ($\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) medida a salida de frío.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado												
4°C						6°C						
Tratamiento	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	
Testigo	0,11	bc	0,24	a	0,5	a	1,1	a	1,36	a	1,48	a
2/3	0,07	d	0,06	b	0,09	b	0,09	b	0,07	b	0,85	a
2/10	0,14	ab	0,08	b	0,11	b	0,11	b	0,09	b	0,36	a
5/3	0,1	cd	0,06	b	0,09	b	0,09	b	0,07	b	0,42	a
5/10	0,13	abc	0,08	b	0,13	b	0,13	b	0,05	b	0,38	a
5/15	0,15	a	0,08	b	0,1	b	0,1	b	0,06	b	0,1	a

* Letras distintas en la columna representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ($p < 0,05$), ($n=8$).

Como se aprecia en el cuadro 6, en general la fruta sometida a AC con las distintas concentraciones gaseosas mantiene tasas de producción de etileno inferiores al testigo. Esta tendencia se aprecia en ambas temperaturas, a excepción de la primera salida de frío a 4°C, en la cual las diferencias no determinan un patrón de comportamiento como lo observado en la mayor parte de las evaluaciones.

Del mismo modo, a los 45 días de almacenamiento refrigerado, las tasas de producción de etileno a 4°C fueron inferiores comparadas con los valores obtenidos a 6°C para la fruta del testigo. Esta situación podría explicarse como consecuencia de la reducción del metabolismo impuesta por la menor temperatura o también coincidiendo con lo que señala Eaks (1983) al estudiar el efecto de almacenamiento de palta Hass a 0, 5 y 10°C. Así este autor determinó que un almacenamiento por 4 a 6 semanas a 0°C ó 5°C produjo daño por frío, modificando la normal fisiología del fruto con un ablandamiento anormal y una menor síntesis de etileno, hipotetizando que el daño por frío puede reducir la producción de etileno y esta sería una probable causa de la anormal maduración del fruto durante el período de comercialización.

Cuadro 7. Tasa respiratoria (mL CO₂ kg⁻¹*h⁻¹) medida a salida de frío.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado												
Tratamiento	4°C						6°C					
	SF20		SF30		SF45		SF20		SF30		SF45	
Testigo	20,04	d	27,7	c	42,55	e	51,7	a	49,22	d	94,43	abc
2/3	23,44	d	35,63	c	61,47	d	26,12	d	45,17	d	50,16	d
2/10	36,36	b	74,73	a	113,8	c	38,07	bc	96,7	b	81,6	c
5/3	28,27	c	49,03	b	61,04	d	31,52	cd	66,8	cd	86,93	bc
5/10	37,37	b	70,27	a	138,82	b	38,4	b	80,78	bc	108,4	a
5/15	49,77	a	75,42	a	165,41	a	49,85	a	149,7	a	100,1	ab

* Letras distintas en la columna representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ($p < 0,05$), (n=8).

Las tasas respiratorias de la fruta de los distintos tratamientos presentaron diferencias (cuadro 7). En general, ciertos tratamientos de AC como 5/15, y en menor grado 2/10, determinaron un aumento de la tasa respiratoria en relación al testigo. Por el contrario, tratamientos como 2/3, en general, determinaron tasas similares o, en algunos casos, inferiores al testigo.

Una posible interpretación del comportamiento respiratorio de la fruta en ciertos tratamientos de AC podrían residir en algún nivel de daño fisiológico o estrés, como por ejemplo en tratamientos con altos niveles de CO₂ (5/15). Por otra parte, tratamientos con bajos niveles de O₂ en conjunto con bajos niveles de CO₂, como 2/3 estarían induciendo a algún grado de reducción en la tasa respiratoria de la fruta. Así, Biale (1946) reportó que una baja concentración de O₂ reducía la actividad respiratoria en paltas durante el período preclimaterio y retrasaba el climaterio. Kader y Arpaia (2003), señalan que la AC "óptima" en sus ensayos (2-5% O₂ y 3-10% CO₂), disminuye las tasas de respiración y de producción de etileno, lo cual no se cumplió en las condiciones de este ensayo con respecto a respiración, lo que estaría indicando que una combinación de AC definida como "óptima" para determinadas condiciones, no necesariamente lo es para otra situación como la de este estudio.

Firmeza de pulpa

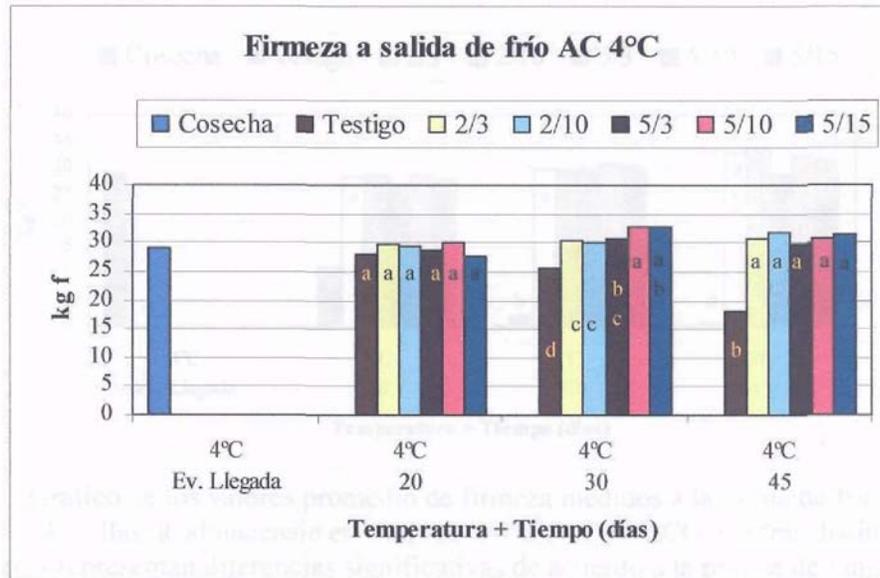


Figura 1. Gráfico de los valores promedio de firmeza medidos a la salida de frío de ios 20, 30 y 45 días de almacenaje en frío, AC a 4°C (%O₂ / %CO₂); letras distintas en las barras representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple LSD ($p \leq 0,05$), (n=10). Evaluación de llegada 9,9 % aceite; 24,5 % MS.

En la evaluación de firmeza a salida de frío a 4°C, la fruta del tratamiento testigo, en las salidas de 30 y 45 días, muestra diferencias significativas con respecto a los tratamientos de AC, éstos tienen como consecuencia una retención de la firmeza de la fruta hasta el final del almacenaje refrigerado.

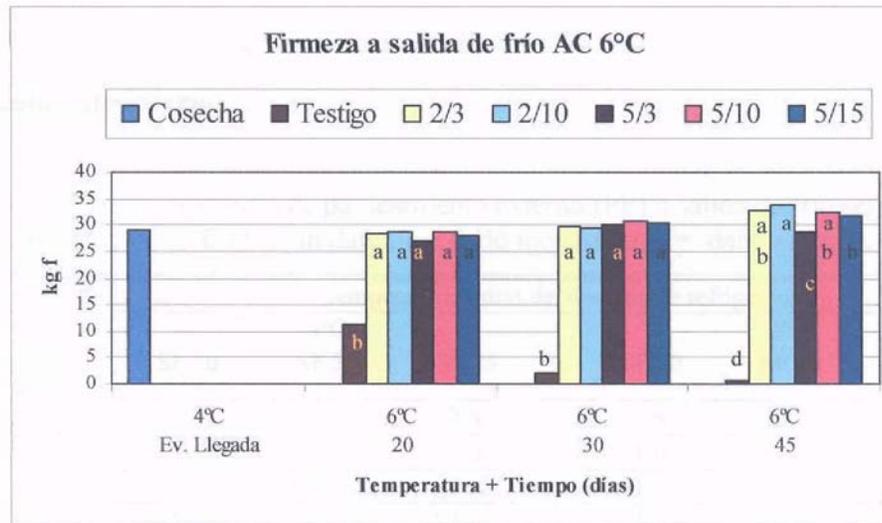


Figura 1. Gráfico de los valores promedio de firmeza medidos a la salida de frío de los 20, 30 y 45 días de almacenaje en frío, AC a 6°C (%O₂ / %CO₂); letras distintas en las barras representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple LSD ($p \leq 0,05$), (n=10). Evaluación de llegada 9,9 % aceite; 24,5 % MS.

En la evaluación de la fruta sometida a 6°C, el ablandamiento del testigo es mucho más marcado que a 4°C (Figura 1), lo cual refleja claramente el efecto de la temperatura de almacenamiento en la retención de la firmeza a salida de frío, manteniendo valores similares a los obtenidos al momento de la evaluación de llegada. Además, todos los tratamientos de AC ensayados son capaces de inhibir el marcado ablandamiento de la fruta que presenta el tratamiento testigo.

Este comportamiento se explicaría por lo que fundamentan Kanellis et al. (1989), citado por Aguirre (1994), quienes encontraron que niveles de 2,5% de O₂ prevenían el aumento de las enzimas responsables del ablandamiento de la palta (celulasa, poligalacturonasa y ácido fosfatasa)

Calidad externa a salida de frío

Pardeamiento externo

Cuadro 8, Valores promedio de pardeamiento externo (PE) a salida de frío según tratamiento a 4 y 6° C (1 = sin daño, 2 = daño moderado, 3 = daño severo).

Tratamiento	Temperatura y días de almacenaje refrigerado					
	SF20	4°C SF30	SF45	SF20	6°C SF30	SF45
Testigo	1 a	1,3 c	1,9 a	1 a	1 a	1 a
2/3	1 a	1,4 c	2,4 a	1 a	1 a	1 a
2/10	1,2 a	1,7 b	1,7a	1 a	1,1 a	1 a
5/3	1 a	2 b	2,2 a	1 a	1,2a	1 a
5/10	1,1 a	1,9 b	1,9 a	1,1 a	1,4 a	1 a
5/15	1,3 a	2,3 a	2,2 a	1,1 a	1,4 a	1,56 a

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=10$).

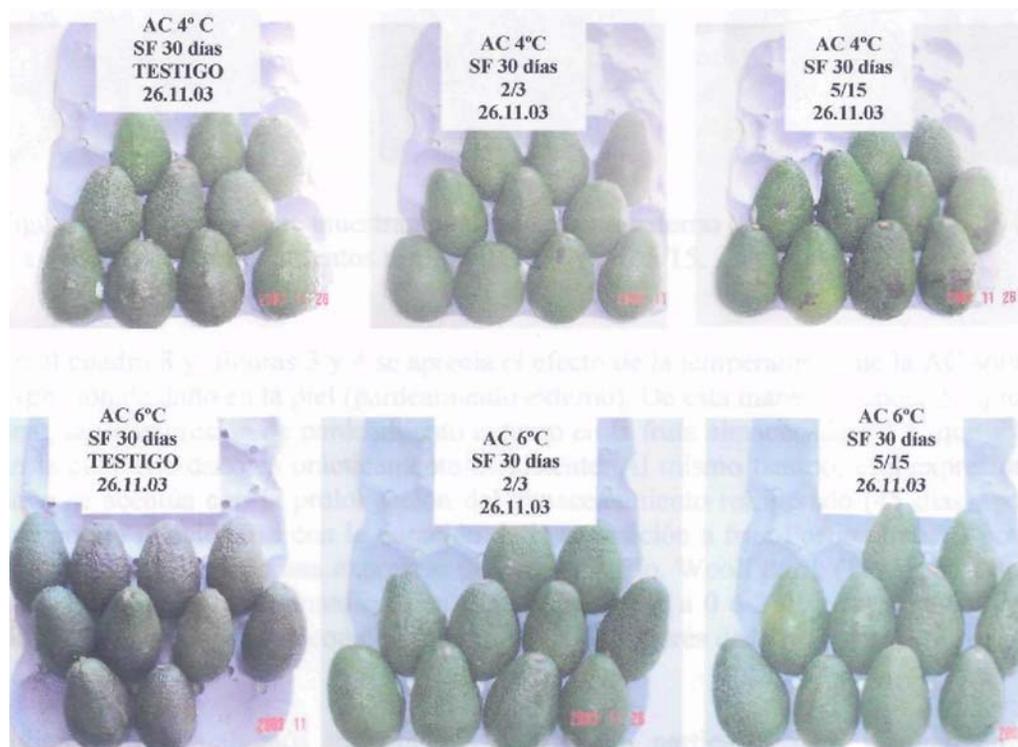


Figura 3. Fotografías que muestran el pardeamiento externo (PE) a salida de frío 30 días a 4 y 6°C de los tratamientos testigo, AC 2/3 y AC 5/15.

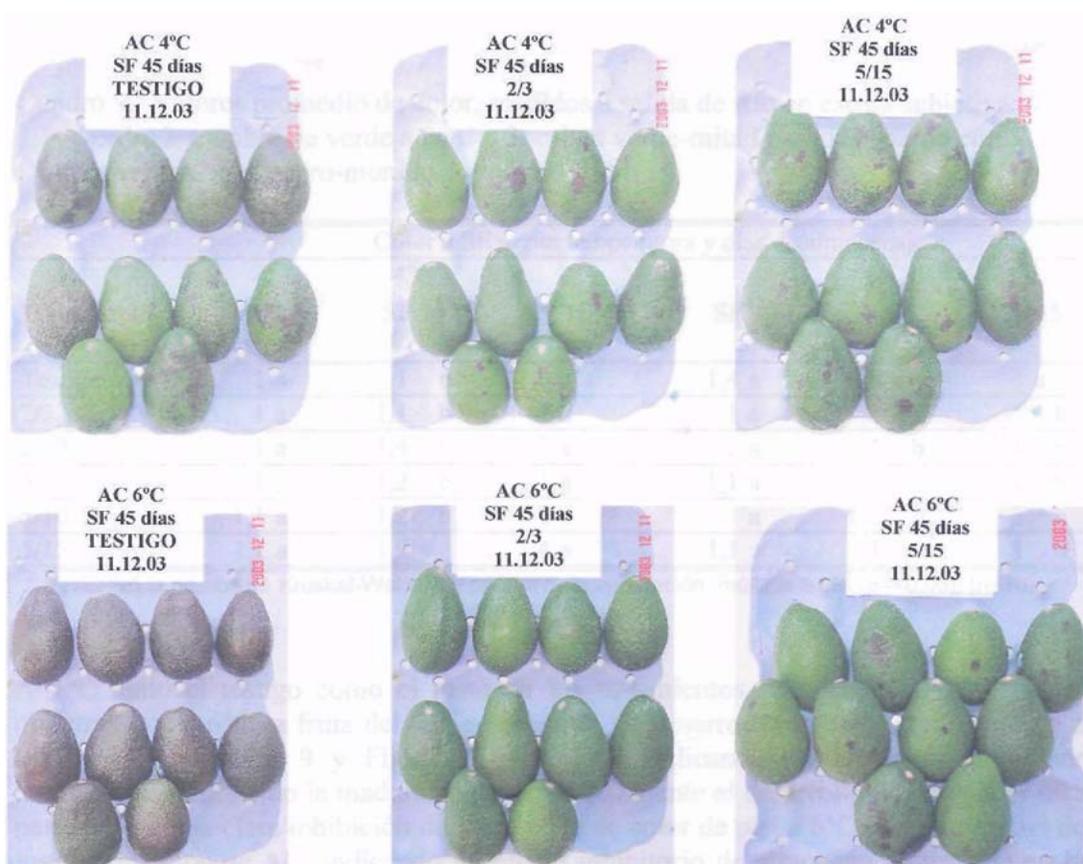


Figura 4. Fotografías que muestran el pardeamiento externo (PE) a salida de frío 45 días a 4 y 6°C, de los tratamientos testigo, AC 2/3 y AC 5/15.

En el cuadro 8 y figuras 3 y 4 se aprecia el efecto de la temperatura y de la AC sobre la expresión de daño en la piel (pardeamiento externo). De esta manera, es posible apreciar una mayor expresión de pardeamiento externo en la fruta almacenada a 4°C que a 6°C, en la cual este daño es prácticamente inexistente. Al mismo tiempo, esta expresión de daño se acentúa con la prolongación del almacenamiento refrigerado (45 días), por lo que podría relacionarse con la duración de la exposición a frío. Por lo tanto, es posible atribuir este síntoma a una expresión de daño por frío. Woolf et al, (1995), observaron que el daño por frío se manifestó en fruta almacenada a 0 ó 2°C, pero no a 6°C y los síntomas se evidenciaron como oscurecimiento de sectores de la piel.

Adicionalmente, algunos tratamientos de AC, en particular 5/15, resultan en una evaluación en mayor expresión de pardeamiento externo, lo que podría estar indicando algún nivel de daño directo por elevados niveles de CO₂, lo que estaría en correspondencia con el comportamiento respiratorio de esta fruta.

Color

Cuadro 9. Valores promedio de color, medidos a salida de frío en escala subjetiva: 1= verde, 2=cambio de verde a pardo, 3=mitad verde-mitad pardo, 4=pardo con trazas verdes, 5 = negro-morado.

Color a SF según temperatura y días de almacenaje						
Tratamiento	4°C			6°C		
	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo	1 a	1b	1,6 a	1,4 a	3,8 a	4 a
2/3	1 a	1,1 b	1 a	1a	1 b	1 b
2/10	1 a	1,4 b	1a	1a	1 b	1 b
5/3	1 a	1,2 b	1a	1,1 a	1 b	1 b
5/10	1,1 a	1,2 b	1a	1a	1,2 b	1 b
5/15	1,1 a	1,9 a	1,4 a	1,1 a	1 b	1 b

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=10$).

A 4°C tanto el testigo como el resto de los tratamientos mantienen el color verde, mientras que a 6°C la fruta del testigo presenta un desarrollo de color manifiesto ya a los 30 días (Cuadro 9 y Figura 5). Esto está indicando un efecto de la menor temperatura inhibiendo la maduración y específicamente el desarrollo de color. Por otra parte, existe una clara inhibición del desarrollo de color de piel a 6°C por la totalidad de los tratamientos de AC, indicando un efecto inhibitorio de atmósfera controlada en la evolución de madurez.

En relación a la diferencia significativa que se aprecia para la fruta del tratamiento AC 5/15 a 4°C en la evaluación de la fruta a los 30 días, ésta se explicaría por el daño directo que estaría causando una alta concentración de CO₂ en el pardeamiento de la piel, ya que incluso existe presencia de daño a temperatura de 6°C que en el testigo no está induciendo a pardeamiento externo (Cuadro 8).

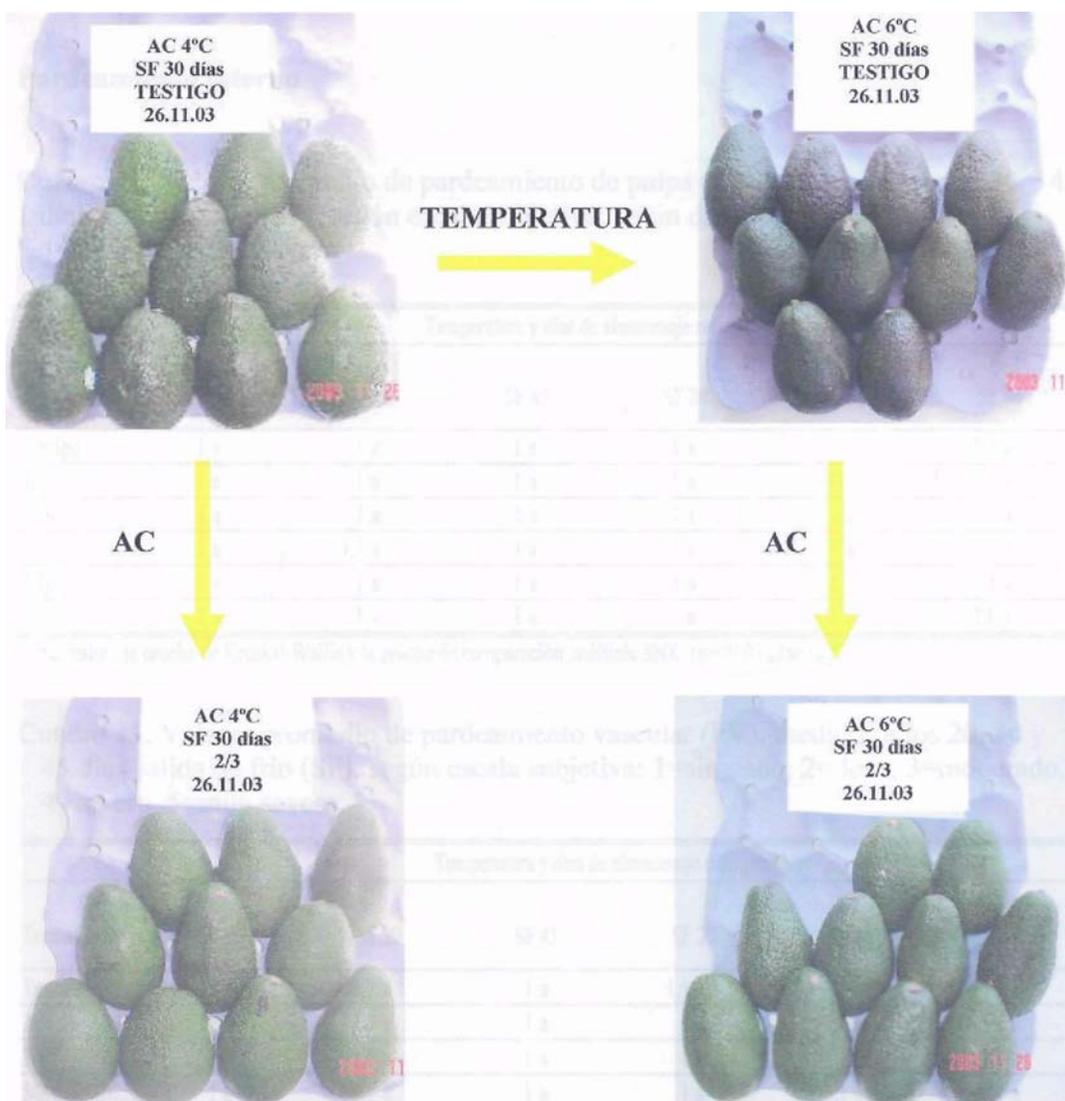


Figura 5. Diagrama explicativo del efecto de la temperatura y AC, en el desarrollo de color, a los 30 días salida de frío de los tratamientos testigo y AC 2/3, a 4 y 6°C respectivamente.

En la figura 5 es posible apreciar, mediante fotos de fruta perteneciente a los tratamientos testigos y AC 2/3 en ambas temperaturas de almacenamiento, los efectos del manejo de temperatura y de atmósfera controlada en el desarrollo del color de piel. Así, la menor temperatura (4°C) está inhibiendo el desarrollo de color y lo mismo sucede con la atmósfera controlada.

Calidad interna a salida de frío

Pardeamiento interno

Cuadro 10. Valores promedio de pardeamiento de pulpa (PP), medidos a los 20, 30 y 45 días salida de frío (SF), según escala subjetiva: 1=sin daño, 2= leve, 3=moderado, 4=severo, 5=muy severo.

Tratamiento	Temperatura y días de almacenaje refrigerado					
	4°C			6°C		
	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo	1a	1a	1a	1a	1a	1,3 a
2/3	1a	1a	1a	1a	1a	1 ^a
2/10	1a	1a	1a	1a	1a	1,1a
5/3	1a	1,1a	1a	1a	1a	1 ^a
5/10	1a	1a	1a	1a	1a	1 ^a
5/15	1a	1a	1a	1a	1a	1,6a

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=10$).

Cuadro 11. Valores promedio de pardeamiento vascular (PV), medidos a los 20, 30 y 45 días salida de frío (SF), según escala subjetiva: 1=sin daño, 2= leve, 3=moderado, 4=severo, 5=muy severo.

Tratamiento	Temperatura y días de almacenaje refrigerado					
	4°C			6°C		
	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo	1a	1,2 a	1a	1,1 a	1,3 a	1,7 a
2/3	1a	1,3a	1a	1a	1,1a	1a
2/10	1a	1,1a	1a	1a	1,1a	1,2a
5/3	1a	1,1a	1a	1a	1,1a	1a
5/10	1a	1,1a	1,1a	1a	1a	1,2a
5/15	1a	1,2a	1a	1a	1a	1,6a

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=10$).

La presencia de problemas internos (pardeamiento de pulpa y pardeamiento vascular) se mantuvo en niveles prácticamente inexistentes en la fruta evaluada a salida de frío. Las condiciones internas de la fruta no se vieron afectadas, en general, por el uso de AC, en ninguno de los periodos de almacenaje e independientes de la temperatura. Sin embargo, los desórdenes manifestaron presencia, aunque en baja incidencia, con la prolongación del almacenamiento hasta 45 días a 6°C, probablemente como causa de un avance en maduración, indicado por el ablandamiento de la fruta del tratamiento testigo (Figura 2).

Pérdida de iones

Cuadro 12. Valores promedio de la pérdida de iones de la piel y pulpa, expresado como cambio en el porcentaje de conductividad total por hora, medidos a los 45 días salida de frío (SF) a 4 y 6°C.

Valores promedio de conductividad eléctrica (%*h ⁻¹)				
Tratamiento	4°C SF 45		6°C SF 45	
Testigo	3,4	a	8,2	a
2/3	2,7	b	2,2	c
2/10	2,1	c	2,2	c
5/3	2,5	bc	2,9	b
5/10	2,4	bc	2,7	bc
5/15	2,4	bc	2,7	bc

*Letras distintas en la columna representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple LSD ($p < 0,05$, $n=5$)

Cuadro 13. Comparación entre tratamientos homólogos (4 y 6°C) de valores promedio de pérdida de iones medidos y expresados como cambio en el porcentaje de conductividad total por hora, a los 45 días salida de frío (SF).

Valores promedio de conductividad eléctrica (%*h ⁻¹)		
SF45		
Tratamiento		
Testigo 4°C	3,4	b
Testigo 6°C	8,2	a
2/3 4°C	2,7	cd
2/3 6°C	2,2	de
2/10 4°C	2,1	e
2/10 6°C	2,2	de
5/3 4°C	2,5	cde
5/3 6°C	2,9	bc
5/10 4°C	2,4	cde
5/10 6°C	2,7	c d
5/15 4°C	2,4	cde
5/15 6°C	2,7	cd

*Letras distintas en la columna representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple LSD ($p < 0,05$, $n=5$)

En los cuadros 12 y 13 se observa que la fruta de todos los tratamientos de AC, a ambas temperaturas de almacenamiento, se diferencia significativamente de aquella de los respectivos tratamientos testigo.

Estos resultados confirmarían, por una parte, que el empleo de la atmósfera controlada retrasa la madurez de la fruta, lo cual se reflejaría en el mayor porcentaje de pérdida de iones de la fruta testigo. Por otra parte, se puede apreciar que tales diferencias no se deberían a un daño por frío, sino más bien a un proceso de maduración de la fruta o a ambas situaciones combinadas, puesto que es conocido que el uso de AC reduce el daño por frío en ciertas especies (Eksteen, 1992; Kader y Arpaia, 2003). Sin embargo, Fuchs et al. (1989), citados por Pesis et al. (1994), señalan que en palta "Hass" la pérdida de iones de la pulpa está relacionada a madurez y no serviría como una indicación para el desarrollo o presencia de síntomas daño por frío. Esto último se vería avalado en el hecho que la pérdida de iones de la fruta a 6°C fue mayor que a 4°C, en ambos tratamientos testigos, situación que es opuesta a la esperada por un clásico efecto de daño por frío donde la menor temperatura induciría mayores valores de conductividad eléctrica.

Evaluaciones en período de exposición y venta (PEV)

La figura 6 avala que la determinación subjetiva (al tacto) de la madurez de consumo al finalizar el PEV, permitió clasificar fruta que al ser medida instrumentalmente estuvo dentro del rango de firmeza aceptado para tal condición, ya que en la totalidad de los casos la fruta manifestó ablandamiento hasta llegar a una firmeza inferior a 1 kgf, que se estima como propia de fruta apta para consumo de acuerdo a la metodología empleada por Woolf et al. (1995).

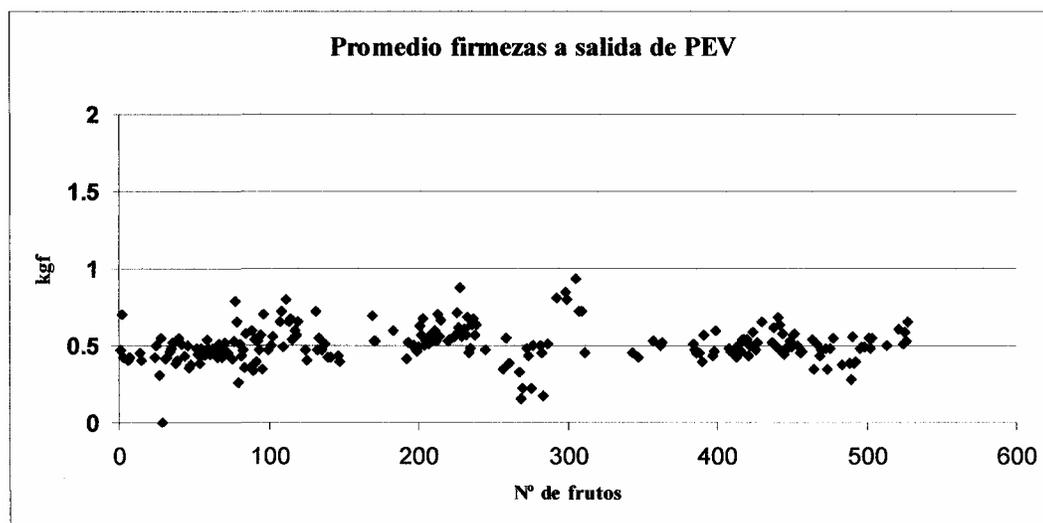


Figura 6. Gráfico de promedios de firmeza de pulpa (kgf) obtenidos al momento de determinar condición de consumo al finalizar el del período de exposición y venta (PEV).

Evolución de la madurez en PEV

Cuadro 14. Número de días promedio ponderado que tarda la fruta en alcanzar madurez de consumo durante el período de exposición y venta (PEV), según tratamientos con y sin aplicación de etileno.

Promedio de días en PEV, según temperatura y días de almacenaje						
Tratamiento	4°C			6°C		
	SF 20	SF 30	SF45	SF20	SF 30	SF45
Testigo S/E	5,6	5,0	5,8	4,0	2,7	2,1
Testigo C/E	5,2	4,5	6,7	4,3	2,7	2,0
2/3 S/E	6,8	5,4	7,4	6,2	5,2	5,6
2/3 C/E	6,9	5,9	6,2	5,5	5,4	4,0
2/10 S/E	6,1	5,4	6,8	5,7	5,4	7,2
2/10 C/E	6,5	6,2	10,2	6,4	6,5	8,2
5/3 S/E	6,4	5,4	6,7	5,4	5,0	5,3
5/3 C/E	6,8	5,3	8,0	5,9	5,1	4,0
5/10 S/E	6,2	5,4	7,1	6,3	5,2	6,5
5/10 C/E	7,0	6,4	9,8	6,9	6,1	8,5
5/15 S/E	6,1	5,8	9,9	6,8	5,6	8,8
5/15 C/E	6,9	6,9	11,7	6,8	6,3	11,4

Al observar el tratamiento testigo en el cuadro 14 se aprecia que a 6°C los tiempos de comercialización se acortan considerablemente en relación a la fruta que se almacenó a 4°C, permitiendo esta última un mayor PEV. Esto se explica por el grado avanzado de maduración, expresado a través de ablandamiento (Figura 2), de la fruta del testigo con la prolongación del período de almacenamiento.

La aplicación de etileno de 100 ppm por 24 horas realizada a salida de frío, no afectó la duración del período de comercialización de la fruta. La dosis que se aplicó fue similar a la que aplicaron en sus ensayos Gazit y Blumenfeld (1970), y recientemente Zoffoli et al. (2004), lo que indicaría que otros factores influyeron en la ausencia de respuesta a esta aplicación. Una de las posibles causas sería que la capacidad de producción de etileno endógeno de la fruta en todos los tratamientos no constituyó una limitante para la posterior maduración de la fruta durante el PEV, a pesar de los niveles algo inferiores de producción de etileno de la fruta de los tratamientos con AC (Cuadro 6) a salida de frío. De esta manera los frutos de los distintos tratamientos, ya sea con y sin aplicación de etileno, presentan tasas de ablandamiento similares en el período posterior de comercialización.

Esta situación estaría indicando que, a pesar de que se utilizó igual concentración y tiempo de exposición a etileno que en otras investigaciones (Gazit y Blumenfeld, 1970), en las cuales se obtuvo efecto de inducción de maduración por etileno, para el caso de este ensayo tal aplicación no resultaría necesaria y no permitiría acortar el tiempo de maduración.

Asimismo, el nivel de madurez al momento de cosecha o al finalizar el almacenaje estaría afectando la capacidad de respuesta de la fruta a la aplicación de etileno, como lo indican Zoffoli et al. (2004). Sin embargo, para este estudio la firmeza a salida de frío se mantuvo cercana a las 30 kgf para todos los tratamientos AC, similares al estado inicial de la fruta.

Cabe destacar que las AC con alto contenido de CO₂ y con un mayor período de almacenamiento muestran un mayor número de días de comercialización, indicando que la fruta en estas condiciones no presenta un patrón de ablandamiento normal en PEV.

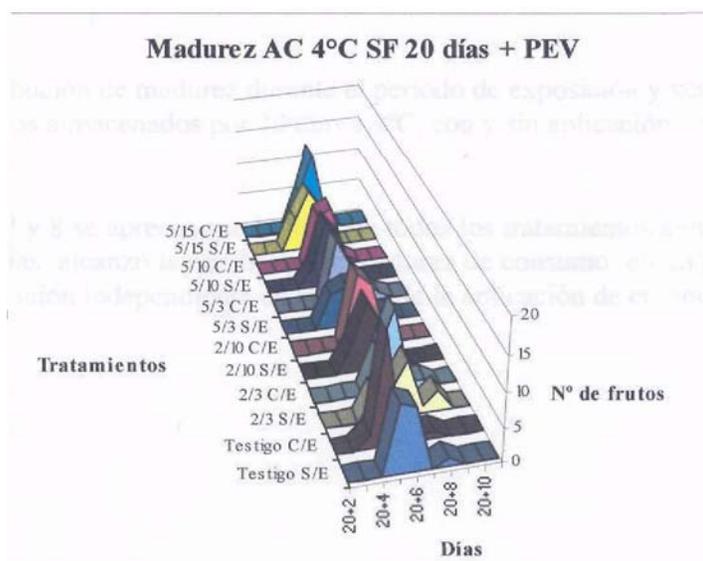


Figura 7. Distribución de madurez durante el período de exposición y venta (PEV) de los tratamientos almacenados por 20 días a 4°C, con y sin aplicación de etileno.

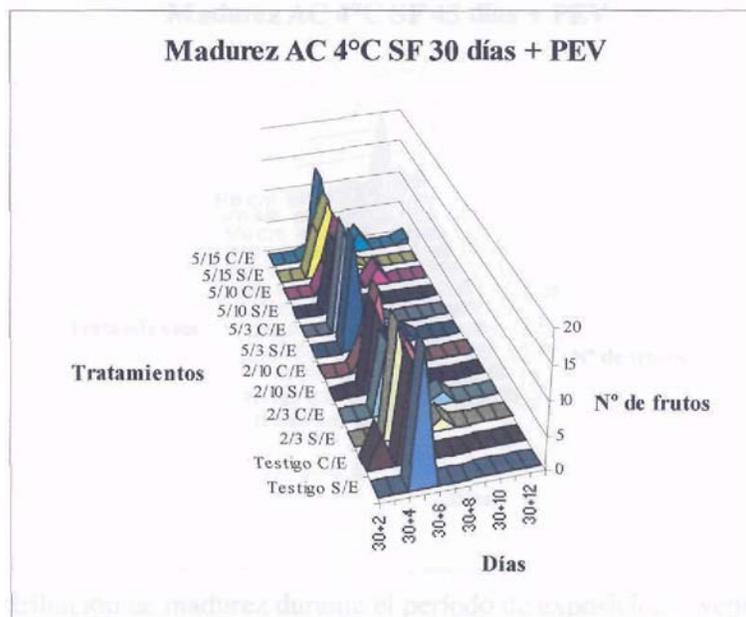


Figura 8. Distribución de madurez durante el período de exposición y venta (PEV) de los tratamientos almacenados por 30 días a 4°C, con y sin aplicación de etileno.

En las figuras 7 y 8 se aprecia que la fruta de todos los tratamientos almacenados a 4°C a los 20 y 30 días alcanzó la condición de madurez de consumo en un período similar, siendo esta situación independiente de la AC y de la aplicación de etileno.

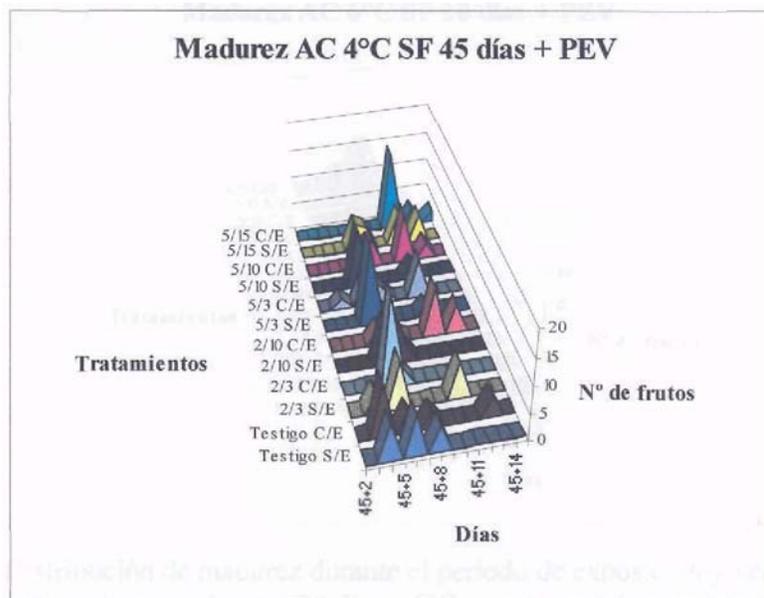


Figura 9. Distribución de madurez durante el período de exposición y venta (PEV) de los tratamientos almacenados por 45 días a 4°C, con y sin aplicación de etileno. Después de 45 días de almacenamiento a 4°C (Figura 9) se observa que la evolución y distribución de la madurez de la fruta tiende a retrasarse marcadamente para los tratamientos de AC, en comparación con el testigo. En algunos tratamientos en particular, como 5/15 y 5/10, se aprecia un retraso mayor en alcanzar madurez de consumo y, en algunos casos, la fruta pierde capacidad de madurar, como se apreciará más adelante a través de la expresión y cuantificación de fruta senescente.

Aguirre et al. (1995), reportaron que esta dificultad para una maduración normal, observada luego del almacenaje refrigerado en algunos cultivares de palta, se considera un daño por frío, lo cual se estaría cumpliendo para este ensayo en donde se observa que a mayor duración de la exposición a bajas temperaturas, la magnitud del desorden aumenta, siendo interesante determinar que probablemente altos niveles de CO₂ harían más sensible la fruta en este sentido.

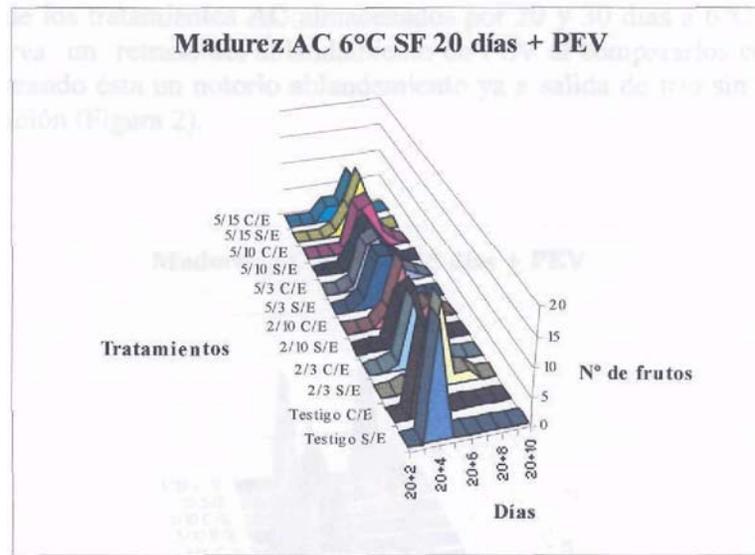


Figura 10. Distribución de madurez durante el período de exposición y venta (PEV) de los tratamientos almacenados por 20 días a 6°C, con y sin aplicación de etileno.

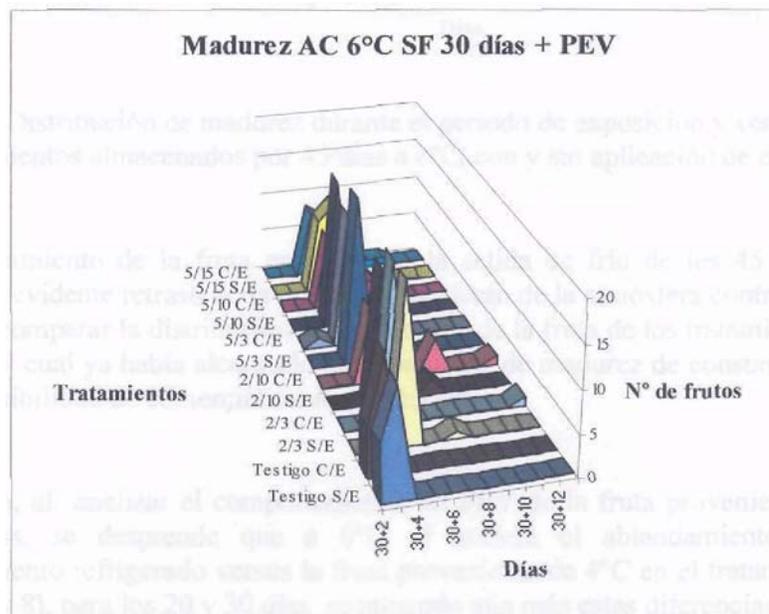


Figura 11. Distribución de madurez durante el periodo de exposición y venta (PEV) de los tratamientos almacenados por 30 días a 6°C, con y sin aplicación de etileno.

En la fruta de los tratamientos AC almacenados por 20 y 30 días a 6°C (Figuras 10 y 11), se observa un retraso del ablandamiento en PEV al compararlos con la fruta del testigo, mostrando ésta un notorio ablandamiento ya a salida de frío sin posibilidad de comercialización (Figura 2).

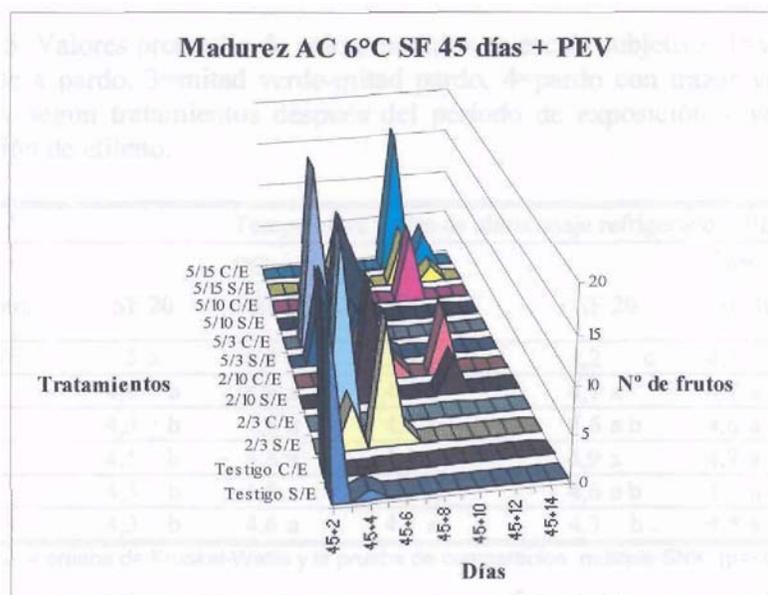


Figura 12 . Distribución de madurez durante el período de exposición y venta (PEV) de los tratamientos almacenados por 45 días a 6°C, con y sin aplicación de etileno.

El comportamiento de la fruta en PEV, de la salida de frío de los 45 días a 6° C, presenta un evidente retraso de la madurez por efecto de la atmósfera controlada, esto se observa al comparar la distribución de la madurez de la fruta de los tratamientos AC con el testigo, el cual ya había alcanzado una condición de madurez de consumo a salida de frío, sin posibilidad de comercialización posterior.

Por lo tanto, al analizar el comportamiento en PEV de la fruta proveniente de ambas temperaturas, se desprende que a 6°C se acelera el ablandamiento durante el almacenamiento refrigerado versus la fruta proveniente de 4°C en el tratamiento testigo (Figuras 7 y 8), para los 20 y 30 días, acentuando aún más estas diferencias a los 45 días a 6° C, con respecto al tratamiento testigo (Figura 12).

En cuanto a la aplicación de etileno posterior a la salida de frío, no se vió un efecto claro en acortar los días de comercialización en PEV, es decir, el etileno exógeno no permitió incrementar, en este caso, el ablandamiento.

Calidad externa en PEV

Color

Cuadro 15. Valores promedio de color, medidos en escala subjetiva 1=verde, 2=cambio de verde a pardo, 3=mitad verde-mitad pardo, 4=pardo con trazas verdes, 5=negromorado, según tratamientos después del período de exposición y venta (PEV), sin aplicación de etileno.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV						
Tratamiento	4°C			6°C		
	SF20	SF 30	SF45	SF20	SF 30	SF45
Testigo S/E	5a	4,9 a	3,6 b	4,2 c	4,1 b	4 b
2/3 S/E	4,6 b	4,9 a	4,4 a	4,7 a	4,7 a	4,7 a
2/1 OS/E	4,3 b	4,6a	4,7a	4,6 a b	4,6a	4,5 a b
5/3 S/E	4,5 b	4,8 a	4,5 a	4,9 a	4,7 a	4,9 a
5/10 S/E	4,3 b	4,5a	4,5a	4,6 a b	4,6a	4,4 a b
5/1 5 S/E	4,3 b	4,6a	4,7a	4,3 b	4,5a	4,2 a b

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=20$).

Cuadro 16. Valores promedio de color, medidos en escala subjetiva: 1=verde, 2=cambio de verde a pardo, 3=mitad verde-mitad pardo, 4=pardo con trazas verdes, 5= negromorado, según tratamientos después del período de exposición y venta (PEV), con aplicación de etileno.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV						
Tratamiento	4°C			6°C		
	SF20	SF 30	SF45	SF20	SF 30	SF45
Testigo C/E	4,7 a	4,5 a	3,6 b	3,7 b	4 b	4a
2/3 C/E	4,7 a	4,6 a	4,6 a b	4,8 a	4,8 a	4,2 a
2/10 C/E	4,1 a	4,3 a	4,9 a	4,6 a	4,6 a	4,5 a
5/3 C/E	4,6a	4,4a	4,5 a b	4,8a	4,7a	3,8a
5/10 C/E	4,1a	4,7a	4,8a	4,7a	4,5a	4,6a
5/15 C/E	4,1a	4,5a	4,6 a b	4,4 a b	4,5a	4,7a

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=20$).

Cuadro 17. Comparación de valores promedio de color, medidos en escala subjetiva: 1=verde, 2=cambio de verde a pardo, 3=mitad verde-mitad pardo, 4=pardo con trazas verdes, 5=negro-morado, según tratamientos después del periodo de exposición y venta (PEV), con y sin aplicación de etileno.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV										
	4°C						6°C			
Tratamiento	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45	SF45
Testigo S/E	5a	4,9 a	3,6 b	4,2 bc	4,1 b	4 b				
Testigo C/E	4,7 a	4,5 a	3,6 b	3,7 c	4 b	4 b				
2/3 S/E	4,6 a	4,9 a	4,4 a b	4,7 ab	4,7 a	4,7 a				
2/3 C/E	4,7 a	4,6 a	4,6 ab	4,8 ab	4,8 a	4,2 ab				
2/10 S/E	4,3 a	4,6 a	4,7 a	4,6 abc	4,6 a	4,5 a b				
2/10 C/E	4,1 b	4,3 a	4,9 a	4,6 a b	4,6 a	4,5 a b				
5/3 S/E	4,5 a	4,8 a	4,5 a b	4,9 a	4,7 a	4,9 a				
5/3 C/E	4,6 a	4,4 a	4,5 a b	4,8 ab	4,7 a	3,8 b				
5/10 S/E	4,3 a	4,5 a	4,5 a b	4,6 abc	4,6 a	4,4 a b				
5/10 C/E	4,1 b	4,7 a	4,8 a	4,7 a b	4,5 a	4,6 a b				
5/15 S/E	4,3 a	4,6 a	4,7 a	4,3 abc	4,5 a	4,2 a b				
5/15 C/E	4,1 b	4,5 a	4,6 a b	4,4 abc	4,5 a	4,7 a b				

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=20$).

En todos los casos la fruta durante el PEV (cuadros 15-17) presentó un desarrollo de color normal para la variedad, desde verde a negro-morado, independiente de los tratamientos y de la aplicación de etileno. Por lo tanto, ninguno de los tratamientos ensayados limita el posterior desarrollo de color durante el PEV.

Calidad interna en PEV

Pardeamiento interno

Cuadro 18. Valores promedio de pardeamiento vascular (PV) por tratamiento, después del período de exposición y venta (PEV), sin aplicación de etileno (S/E), según escala subjetiva: 1=sin daño, 2 = leve, 3 =moderado, 4=severo, 5=muy severo.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV						
Tratamiento	4°C			6°C		
	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo S/E	1,1a	1,3a	2,2a	1,1a	1,9a	3,1a
2/3 S/E	1,1a	1,1a	1,9a	1,2a	1,4 b	1,5 c
2/10 S/E	1a	1,3a	1,7a	1,1a	1,2 b	2,1 abc
5/3 S/E	1,1a	1,1a	1,8a	1,1a	1,2 b	1,6 bc
5/10 S/E	1a	1,2a	1,9a	1,2a	1,4 b	2,1 abc
5/15 S/E	1,1a	1a	2,6a	1,1a	1,4 b	2,6 a b

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=20$).

Cuadro 19. Valores promedio de pardeamiento vascular (PV) por tratamiento, después del período de exposición y venta (PEV), con aplicación de etileno (C/E), según escala subjetiva: 1=sin daño, 2= leve, 3= moderado, 4 = severo, 5 = muy severo.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV						
Tratamiento	4°C			6°C		
	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo C/E	1,1a	1,2a	2,1a	1,2a	1,8a	2,9a
2/3 C/E	1,4a	1,2a	1,9a	1,2a	1,3 b	1,5a
2/10 C/E	1,2a	1,4a	2,6a	1,3a	1,3 b	2a
5/3 C/E	1,3a	1,3a	2,1a	1,2a	1,1 b	1,4a
5/10 C/E	1,2a	1,3a	2,3a	1,1a	1,4 b	2,4a
5/15 C/E	1,5a	1,6a	2,6a	1,4a	1,5 b	3a

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=20$).

La condición interna de la fruta a 4°C a los 20 y 30 días es buena, pero a los 45 días aumenta el nivel de pardeamiento; por otra parte ninguno de los tratamientos de AC determina diferencias significativas con el testigo para esta temperatura (Cuadro 18 y 19).

A 6°C en la evaluación de los 30 días de salida de frío, todas las AC previenen el pardeamiento interno versus la fruta del testigo, la cual muestra mayor daño. Sin embargo, a los 45 días sólo las AC de 2/3 y 5/3 versus el testigo (Cuadro 18) para esta temperatura, muestran un valor promedio menor para este desorden (Figura 13).

Asimismo, Faubion et al. (1992) determinaron en su estudio en palta Hass, que después de un período de almacenamiento de 9 semanas a 5°C más un período de maduración a 20°C, niveles de CO₂ del orden de 2,5 a 5% (con 2% de O₂), parecen ser las concentraciones más efectivas en disminuir el pardeamiento interno moderado y severo.

Cuadro 20. Valores promedio de pardeamiento vascular (PV) por tratamiento, después del periodo de exposición y venta (PEV), con y sin aplicación de etileno, según escala subjetiva: 1=sin daño, 2=leve, 3=moderado, 4=severo, 5=muy severo.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV						
	4°C			6°C		
Tratamiento	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo S/E	1,1 a	1,3 a	2,2 a	1,1 a	1,9 a	3,1 a
Testigo C/E	1,1a	1,2a	2,1a	1,2a	1,8a	2,9 a b
2/3 S/E	1,1 a	1,1 a	1,9 a	1,2 a	1,4 b	1,5 b
2/3 C/E	1,4a	1,2a	1,9a	1,2a	1,3 b	1,5 b
2/10S/E	1a	1,3a	1,7a	1,1a	1,2 b	2,1 a b
2/10 C/E	1,2a	1,4a	2,6a	1,3a	1,3 b	2ab
5/3 S/E	1,1 a	1,1 a	1,8 a	1,1 a	1,2 b	1,6 b
5/3 C/E	1,3 a	1,3 a	2,1 a	1,2 a	1,1 b	1,4 b
5/10 S/E	1a	1,2a	1,9a	1,2a	1,4 b	2,1 a b
5/10 C/E	1,2a	1,3a	2,3a	1,1a	1,4 b	2,4 a b
5/15 S/E	1,1a	1a	2,6a	1,1a	1,4 b	2,6 ab
5/15 C/E	1,5a	1,6a	2,6a	1,4a	1,5 b	3ab

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), (n=20).

En cuanto al efecto de la aplicación de etileno, no se aprecia diferencia al comparar estadísticamente los tratamientos homólogos con y sin etileno (Cuadro 20).

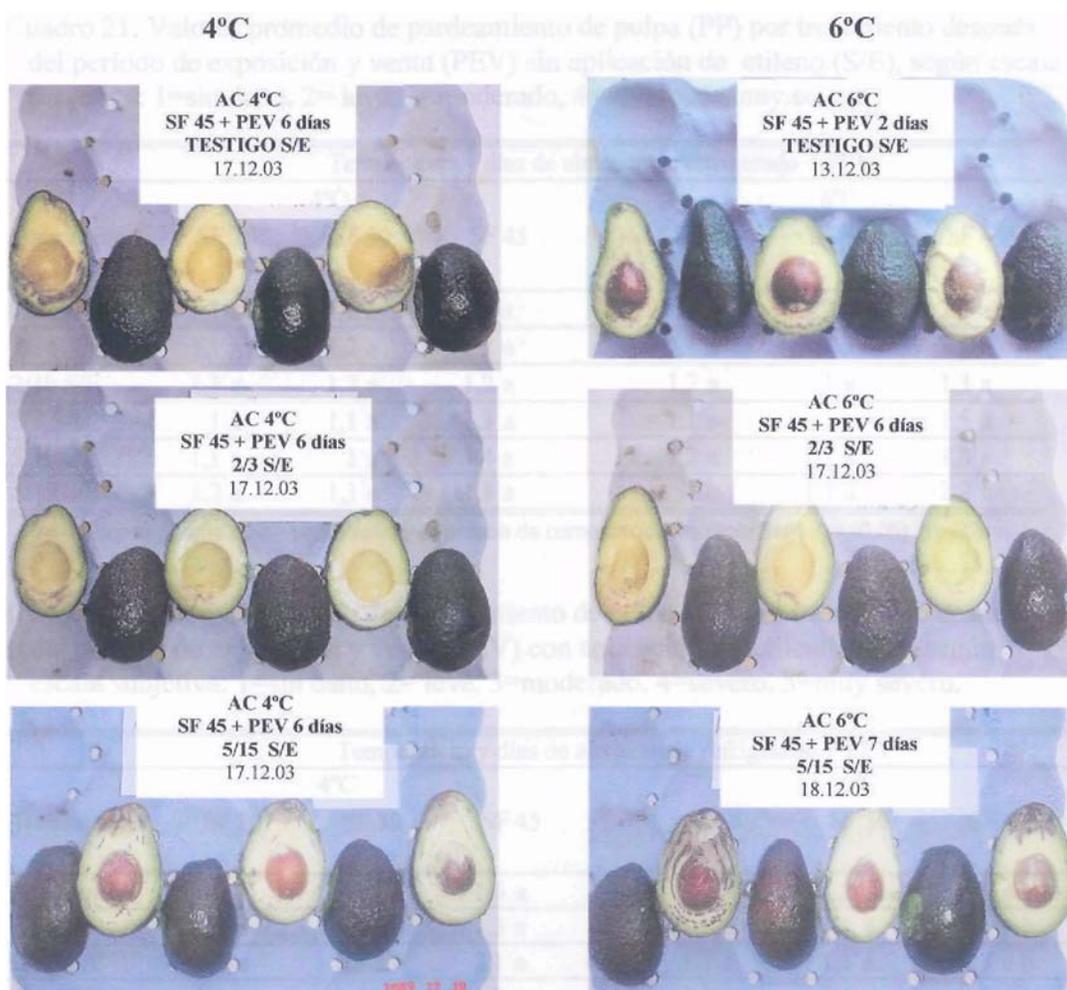


Figura 13. Fotografías que muestran pardeamiento vascular observado en el período de exposición y venta (PEV) de los tratamientos testigo, AC 2/3 y AC 5/15.

En la figura 13 se muestra que nuevamente aparece un daño en el tratamiento AC 5/15, en este caso interno en la pulpa, debido a un posible efecto del alto porcentaje de CO₂, el cual se aprecia tanto a 4°C como a 6°C.

Cuadro 21. Valores promedio de pardeamiento de pulpa (PP) por tratamiento después del período de exposición y venta (PEV) sin aplicación de etileno (S/E), según escala subjetiva: 1=sin daño, 2= leve, 3=moderado, 4=severo, 5=muy severo.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV						
	4°C			6°C		
Tratamiento	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo S/E	1,1a	1,1a	1,9a	1a	1,2a	2,3a
2/3 S/E	1,1a	1,2a	1,2a	1,1a	1,1a	1,3a
2/10 S/E	1,3a	1,2a	1,2a	1,2a	1a	1,3a
5/3 S/E	1a	1,1 a	1,3 a	1,1 a	1a	1,5 a
5/10 S/E	1,1a	1a	1,4 a	1,2 a	1,2 a	1,8 a
5/15 S/E	1,2 a	1,1 a	1,8 a	1a	1,1 a	2,2 a

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=20$).

Cuadro 22. Valores promedio de pardeamiento de pulpa (PP) por tratamiento después del período de exposición y venta (PEV) con aplicación de etileno (C/E), según escala subjetiva: 1=sin daño, 2= leve, 3=moderado, 4=severo, 5=muy severo.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV						
	4°C			6°C		
Tratamiento	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo C/E	1a	1a	1,6a	1,4a	1,2a	2,6a
2/3 C/E	1,2 a	1,2 a	1,3 a	1,2 a	1,1a	1,1 b
2/10 C/E	1,1a	1,3a	2,1a	1,1a	1,1a	1,3 a b
5/3 C/E	1,1 a	1,1 a	1,8 a	1,4 a	1a	1b
5/10 C/E	1,1a	1a	1,7a	1a	1,2a	1,7 a b
5/15 C/E	1,1a	1,1a	2a	1,1a	1,4a	2,3 a b

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=20$).

Cuadro 23 .Valores promedio de pardeamiento de pulpa (PP) por tratamiento, después del período de exposición y venta (PEV), con y sin aplicación de etileno, según escala subjetiva: 1=sin daño, 2= leve, 3=moderado, 4=severo, 5=muy severo.

Temperatura y días de almacenaje refrigerado + PEV						
	4°C			6°C		
Tratamiento	SF20	SF30	SF45	SF20	SF30	SF45
Testigo S/E	1,1a	1,1a	1,9a	1a	1,2a	2,3 a b
Testigo C/E	1 ^a	1a	1,6a	1,4a	1,2a	2,6a
2/3 S/E	1,1a	1,2a	1,2a	1,1a	1,1a	1,3 ab
2/3 C/E	1,2 a	1,2 a	1,3 a	1,2 a	1,1a	1,1 b
2/10 S/E	1,3a	1,2a	1,2a	1,2a	1a	1,3 a b
2/10C/E	1,1a	1,3a	2,1a	1,1a	1,1a	1,3 ab
5/3 S/E	1a	1,1a	1,3a	1,1a	1a	1,5 a b
5/3 C/E	1,1 a	1,1 a	1,8 a	1,4 a	1a	1b
5/10 S/E	1,1a	1a	1,4a	1,2a	1,2a	1,8 ab
5/10C/E	1,1a	1a	1,7a	1a	1,2a	1,7 ab
5/15 S/E	1,2a	1,1a	1,8a	1a	1,1a	2,2 ab
5/15 C/E	1,1a	1,1a	2a	1,1a	1,4a	2,3 a b

* Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparación múltiple SNK ($p < 0,05$), ($n=20$).

Al igual que Zauberman et al. (1973), Berger y Galletti (1987), Woolf et al. (1995) y Aguirre et al. (1995), la alteración en la calidad interna se manifestó en mayor grado cuando la fruta fue sometida al período de comercialización o PEV a 20°C, ya que a salida de frío, prácticamente, no se observó este daño.

El resultado de la mejor apariencia general de la fruta a una concentración de 2% O₂ + 3% CO₂ en este estudio se acerca mucho a la mejor concentración que obtuvieron Lizana y Figueroa (1997), de AC 2% O₂ + 5% CO₂ a 6°C. Asimismo, Kader y Arpaia (2003), determinaron que la palta Hass verde-madura puede conservarse a 5-7°C en 2% O₂ y 3-5% CO₂ por 9 semanas, y entonces madurarse en aire a 20°C para alcanzar buena calidad; al mismo tiempo concluyeron que las concentraciones mayores a 10% CO₂ pueden incrementar el pardeamiento de la piel y pulpa.

Senescencia

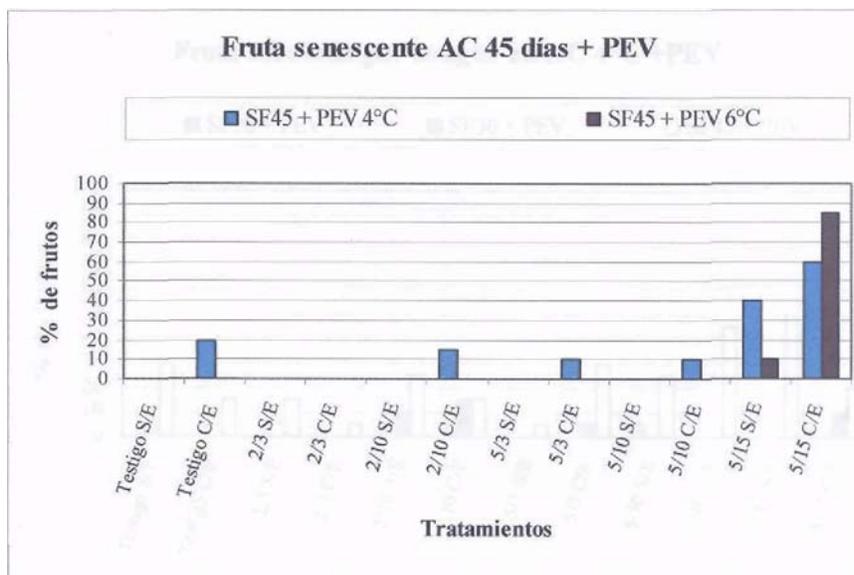


Figura 14. Gráfico de número de frutos que se presentaron senescentes luego de 45 días a 4 y 6°C más un período de exposición y venta PEV a 20°C.

La condición de senescencia en PEV se presentó sólo en el caso del almacenaje de 45 días, tanto a 4°C como a 6°C. Los frutos que llegaron a esta condición nunca presentaron un ablandamiento normal durante el período de exposición y venta, que le permitieran alcanzar madurez equivalente a la de consumo definida por firmeza de 0,5 kgf, no pudiendo ser evaluados y clasificándose, entonces, en esta categoría.

Este comportamiento se presentó mayormente en la fruta tratada con etileno luego del almacenamiento, y con una máxima expresión en el tratamiento AC 5/15, a ambas temperaturas, esta condición de la fruta no se observó en el caso del tratamiento AC 2/3.

Woolf et al, (1995), trabajando en palta Hass, señalan que la presencia de pardeamiento de la cavidad de la semilla, en los haces vasculares y en la pulpa, junto con una maduración dispareja, aunque mayormente acentuados por condiciones de baja temperatura, pueden más bien deberse a un estado senescente de la fruta, puesto que dichos síntomas se presentaron en fruta que nunca estuvo expuesta a bajas temperaturas.

Pudriciones

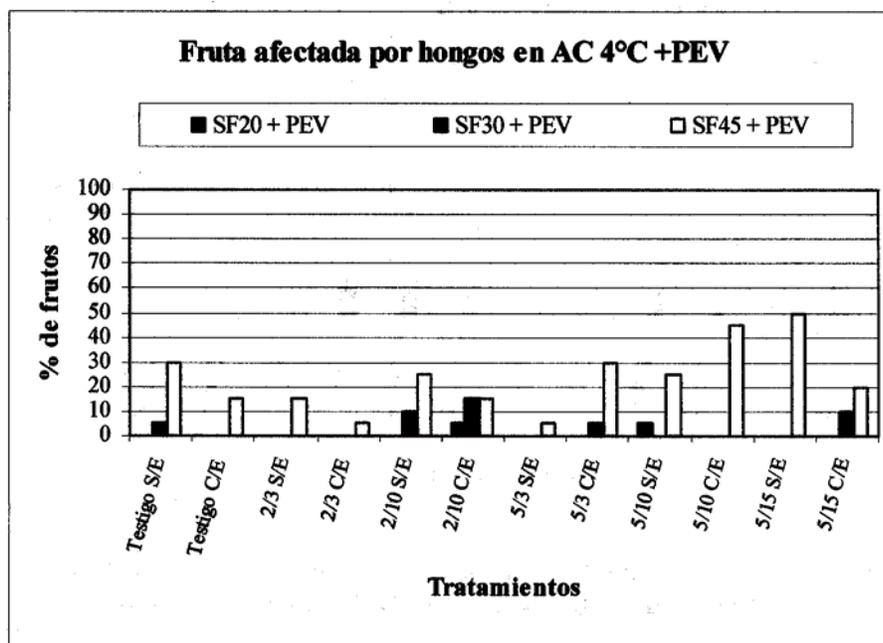


Figura 15. Gráfico de porcentaje de frutos que presentaron daño por hongos a los 20, 30 y 45 días de almacenamiento a 4°C más el período de exposición y venta (PEV) a 20°C.

Los frutos afectados por hongos en PEV mostraron distinto grado de compromiso de la fruta, sin embargo, desde un nivel 1 (pudrición incipiente), hasta un grado más severo de ataque, o sea nivel 3, se incorporaron en la gráfica de la figura 15; la tendencia fue la misma que para los senescentes, es decir, el problema fue mayor a los 45 días de almacenaje.

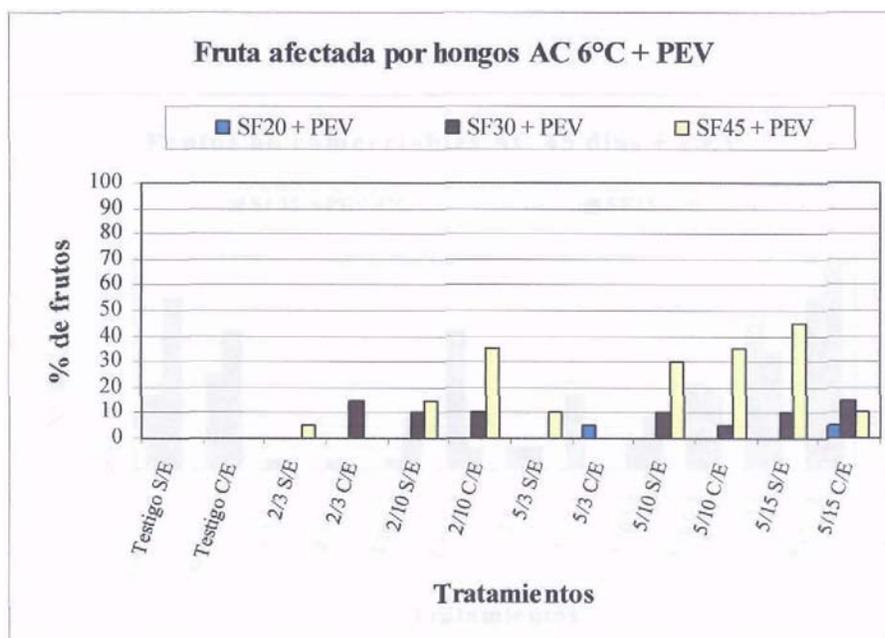


Figura 16.. Gráfico de porcentaje de frutos que presentaron daño por hongos a los 20, 30 y 45 días de almacenamiento a 4°C más el período de exposición y venta (PEV) a 20°C.

En la mayoría de los casos, la vía de entrada del patógeno fue aparentemente por la zona pedicelar, en función de la zona mayormente afectada. Esto concuerda con Berger et al. (1982), quienes en su ensayo con palta Fuerte y Hass encontraron que el agente causal más importante fue el hongo *Botrytis* sp, el cual en todos los casos, se encontró afectando la zona pedicelar del fruto.

No se encontró efecto fungistático a altas concentraciones de CO₂, a diferencia de lo observado por Spalding y Reeder (1975) en su estudio con 2% O₂ y 10% CO₂ inhibiendo el ataque del patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*.

Frutos no comerciables

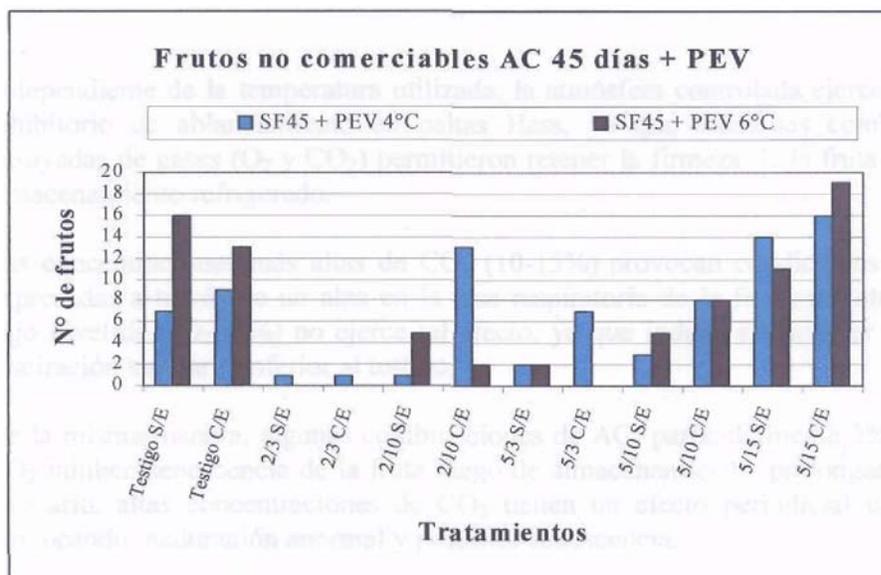


Figura 17. Gráfico de número de frutos no comerciables a los 45 días de almacenamiento a 4 y 6°C más un período de exposición y venta (PEV) a 20°C, Esta categoría incluye frutos con pudrición, pardeamiento interno y senescentes.

Para dilucidar de manera práctica los resultados obtenidos en la fruta sometida a los distintos tratamientos, se implementó la categoría de frutos no comerciables, en la cual se incluyeron los frutos senescentes más la fruta que en PEV presentó niveles de pardeamiento de pulpa y pardeamiento vascular igual o mayor al nivel 3, más la fruta con nivel 3 de pudrición. Esta categoría se utilizó en el caso de la fruta sometida al mayor número de días de almacenaje (45 días), observándose elevados niveles de frutos no comerciables en varios tratamientos, indicando que este período representa una gran limitación a la vida útil de la fruta.

Por otra parte, se destaca por su escaso o nulo número de frutos no comerciables el tratamiento AC 2/3 con porcentaje de pérdida aceptable a 4°C y obteniéndose el 100% de los frutos en condiciones comerciables a 6°C (Figura 17). Otro tratamiento de interés podría ser AC 5/3 ya que en la mayor parte de los casos se obtuvo bajo número de frutos no comerciables.

Por el contrario, el tratamiento testigo y el de AC 5/15 mostraron un elevado número de fruta no comerciable, indicando por una parte la necesidad de tecnología adicional al almacenamiento refrigerado para períodos prolongados, y por otra parte, un efecto de daño directo a la fruta probablemente derivado de las altas concentraciones de CO₂, respectivamente.

CONCLUSIONES

- Independiente de la temperatura utilizada, la atmósfera controlada ejerce un efecto inhibitorio de ablandamiento en paltas Hass, ya que todas las combinaciones ensayadas de gases (O_2 y CO_2) permitieron retener la firmeza de la fruta durante el almacenamiento refrigerado.
- Las concentraciones más altas de CO_2 (10-15%) provocan condiciones de estrés, expresadas a través de un alza en la tasa respiratoria de la fruta, mientras que un bajo nivel de CO_2 (3%) no ejerce tal efecto, ya que induce a mantener niveles de respiración similar o inferior al testigo.
- De la misma manera, algunas combinaciones de AC, particularmente 2% O_2 y 3% CO_2 inhiben senescencia de la fruta luego de almacenamientos prolongados. Por el contrario, altas concentraciones de CO_2 tienen un efecto perjudicial en la fruta, provocando maduración anormal y posterior senescencia.
- La técnica de pérdida de iones confirma cuantitativamente el retardo de madurez ejercido por la atmósfera controlada; sin embargo, bajo las condiciones del estudio, no constituye un método objetivo para definir la incidencia de daño por frío en palta Hass.
- La condición de almacenamiento prolongado a la temperatura más baja induce daño por frío en la fruta, expresado en todos los tratamientos luego de 45 días de almacenamiento a $4^{\circ}C$ cuya fruta presenta pardeamiento externo. Por el contrario, al almacenar a mayor temperatura, a excepción de aquella fruta sometida a los niveles más altos de CO_2 , la combinación de 2% O_2 y 3% CO_2 a $6^{\circ}C$ mantiene buena calidad comercial y de consumo. De esta manera, el empleo de la mayor temperatura complementada con atmósfera controlada con tales niveles permite obtener control de ablandamiento sin inducir a daño por frío en periodos prolongados de almacenamiento propios de envíos a mercados lejanos.
- La aplicación de etileno a salida de frío no tuvo efecto en acelerar la maduración, bajo las condiciones del ensayo (100 ppm por 24 horas con flujo continuo), indicando que, al menos cuando la fruta ha alcanzado un estado de madurez como el utilizado, tal aplicación es innecesaria.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, M.J. 1994. Efecto de atmósfera controlada y modificada en calidad de postcosecha de frutos de *Persea americana* Mill. cv. Fuerte. Tesis Magíster. U. De Chile, Fac. de Cs. Agrarias y Forestales. 102p.

Aguirre, M.J., L.A. Lizana. y H. Berger. 1995. Desórdenes fisiológicos en palta. In: IV Simposio Internacional de Manejo de Calidad y Fisiología de postcosecha de frutos. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Publicaciones Misceláneas Agrícolas 42: 77-83.

ASOEX. 2005. Significativo crecimiento de las exportaciones de paltas. Revista del Campo, El Mercurio, XXIX(1487): B2

Berger, H., C. Auda y E. González. 1982. Almacenamiento de palta (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte y Hass en atmósfera controlada, atmósfera modificada y refrigeración común. *Simiente* 52: 55-60.

Berger, H. y L. Galletti. 1987. Maduración de paltas y su conservación en almacenaje refrigerado. *Aconex* 16: 5-7.

Carrillo, C.H. 1991. Almacenaje de frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte en atmósfera controlada. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 84p.

COMITÉ DE PALTAS CHILE. 2002. Instrucciones para cosecha de paltas Hass de exportación a USA temporada 2002 / 2003. Revista del Campo, El Mercurio, XXVII (1363): A13

Eaks, I.L. 1983. Effects of chilling on respiration and ethylene production of "Hass" avocado fruit at 20°C. *HortScience* 18: 235-237.

Eksteen, G.J., A.B. Truter and L.L.Vorster. 1992. Long-distance controlled atmosphere transport of avocados. In: *Proceedings of Second Avocado Congress* 2: 463-466.

Esteban, P. 1993. Estimación del contenido de aceite, a través de la humedad y su relación con la palatabilidad en frutos de paltos de las variedades: Negra de La Cruz, Bacon, Edranol y Hass desde la última etapa de desarrollo hasta madurez fisiológica. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile. 48p.

Faubion, D., G. Mitchell, G. Mayer and M.L. Arpaia. 1992. Response of "Hass" avocado to postharvest storage in controlled atmosphere conditions. *Proceedings of Second World Avocado Congress* 2: 467-472.

FUNDACIÓN CHILE. 1999. Paltos: se duplica volumen de exportaciones. *Agroeconómico* 48: 8-13.

FUNDACIÓN CHILE. 2002. Paltas: precios más ajustados en el mercado internacional. *Agroeconómico* 66: 39-42.

Figueroa, J.A. 1994. *Atmósfera controlada en frutos de palto (Persea americana Mill) cv. Hass. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 77p.*

Gallegos, P.A. 2002. *Situación actual de la palta en el mercado nacional y en el mercado de Estados Unidos. Taller de Licenciatura. U. Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile. 67p.*

Gazit, S. and A. Blumenfeld. 1970. Response of mature avocado fruits to ethylene treatments before and after harvest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95: 229-231.

Hofman, P.J., B.A. Stubbings, M.F. Adkins, G.F. Meiburg and A.B. Woolf. 2002. Hot water treatments improve "Hass" avocado fruit quality after cold desinfestation. *Postharvest Biology and Technology* 24: 183-192.

Kader, A.A. y M.L. Arpaia. 2003. *Palta: recomendaciones para mantener la calidad de postcosecha. Available at: <http://postharvest.ucdavis.edu> Consultada: 4 de junio de 2003.*

Lee, S.K. and R.E. Young. 1984. Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to C₂H₄ treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 689-692.

Lewis, C.E. 1978. The maturity of avocados. A general review. *J. Sci. Fd. Agrie.* 29: 857-866.

Lizana, L.A. y J. Figueroa. 1997. Effect of different CA on postharvest life of Hass avocado. In: *Volume 3: Fruit other than apples and pears. Seventh International Controlled Atmosphere research conference. Postharvest Horticulture Series 17: 219-224.*

Lyons, J.M. 1973. Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol* 24: 445-466.

Mondaca, C. 2003. *Comportamiento de palta Hass almacenadas en atmósfera controlada. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 74p.*

Meir, S., D. Naiman, M. Akerman, J.Y. Hyman, G. Zauberman and Y. Fuchs. 1997. Prolonged storage of "Hass" avocado fruit using modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 12: 51-60.

ODEPA-CIREN, *Catastro Frutícola VI Región. 2003*

Pesis, E., R. Marinansky, G. Zauberman and Y. Fuchs. 1994. Prestorage low-oxygen atmosphere treatment reduces chilling injury symptoms in "Fuerte" avocado fruit. *HortScience* 29: 1042-1046.

Ranney, C.A., G. Gillette, A. Brydon, S. McIntyre, O. Rivers, C.A. Vasquez and E. Wilson. 1992. Physiological maturity and percent dry matter of California avocado. In: *Proceedings of Second Avocado Congress*. 379-385.

Undurraga, P., J.A. Olaeta and F. Gardiazábal. 1987. Seasonal changes on chemical and physical parameters in six avocado cultivars grown in Chile. *South African Avocado Growers Assoc. Yearbook* 10: 138-140.

Woolf, A.B., C. Watkins, J. Bowen, M. Lay-Yee, J. Maindonald and I. Ferguson. 1995. Reducing external chilling injury in stored "Hass" avocados with dry heat treatments. *J. Amer.Soc. Hort. Sci.* 120:1050-1056.

Woolf, A.B. 1997. Reduction of chilling injury in stored "Hass" avocado fruit by 38°C water treatments. *HortScience* 32(7): 1247-1251.

Zamorano, J.P., J.L. De La Plaza and C. Merodio. 1994. Relationship between physiological and biochemical parameters in avocado fruits stored at chilling temperatures. *Acta Horticulturae* 368: 682-686.

Zauberman, G., M. Shiffinann-Nadel and U. Yanko. 1973. Susceptibility to chilling injury of three avocado cultivars at various stages of ripening. *HortScience* 8: 511-513.

Zoffoli, J.P., M.J. Callejas and B. Ceroni. 2004. Reversibilidad del efecto del producto 1-MCP en palta Hass. *Aconex* 85: 10-14.

ANEXOS Y APÉNDICES

Apéndice 1. Evaluación inicial de firmeza (kgf), pardeamiento externo (PE), pardeamiento de pulpa (PP), pardeamiento vascular (PV), manchas de pulpa (MP) y color.

Evaluación inicial								
N° de fruto	Firmeza 1	Firmeza 2	PE	PP	PV	MP	Color	Observaciones
1	26.8	27.2	1	1	1	1	1	
2	26.8	26.8	1	1	1	1	1	
3	31.6	31.2	1	1	1	1	1	
4	28.8	28	1	1	1	1	1	
5	27.2	29.2	1	1	1	1	1	
6	30.8	30.8	1	1	1	1	1	
7	28.4	28.8	1	1	1	1	1	
8	30	30.4	1	1	1	1	1	
9	29.2	30	1	1	1	1	1	
10	28.4	29.6	1	1	1	1	1	
Promedios		29	1	1	1	1	1	

Apéndice 2. Evaluación inicial de tasa de producción de etileno y tasa respiratoria.

N° de fruto	Tasa producción de etileno $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	Tasa respiratoria $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
1	0,18	59,80
2	0,22	72,19
3	0,22	72,82
4	0,12	62,75
5	0,19	63,80
6	0,16	54,66
7	0,15	52,08
8	0,17	59,56

Apéndice 3. Estimación del contenido de aceite, a la llegada de la fruta, mediante la determinación de materia seca, es decir, porcentaje de humedad de la muestra, utilizando la ecuación de regresión simple propuesta por Esteban (1993) para palta cv. Hass.

ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE ACEITE							
Fecha Cosecha : 28-10-03			T°: 60 + 125°C				
Repetición	Tara	PF +Tara	PS + Tara	PFN	PSN	%Humedad	% Aceite
1,1	0,2104	4,8823	1,3676	4,6719	1,1572	75,236342	10,0984933
1,2	0,2165	5,171	1,457	4,9545	1,2405	74,9621556	10,2533249
2,1	0,208	5,4912	1,5478	5,2832	1,3398	74,6403695	10,4388989
2,2	0,222	5,1336	1,4157	4,9116	1,1937	75,693108	9,82993758
3,1	0,2181	6,6344	1,5342	6,4162	1,316	79,4894174	7,64245298
3,2	0,2071	5,7762	1,3598	5,5691	1,1527	79,3018621	7,75061615
4,1	0,2009	5,3795	1,6083	5,1786	1,4074	72,8227706	11,4871082
4,2	0,2071	4,6567	1,4132	4,4496	1,2061	72,8941927	11,4459191
5,1	0,2964	5,2238	1,4966	4,9274	1,2002	75,6423266	9,86107026
5,2	0,2674	5,5699	1,6093	5,3025	1,3419	74,6930693	10,4085069
Promedios						75,5375614	9,92163282

PF: Peso Fresco
 PS: Peso Seco
 PFN: Peso Fresco Neto
 PSN: Peso Seco Neto

Apéndice 4. Evaluación inicial de las variables cuantitativas de color medidas con colorímetro triestímulo Minolta Chromameter (a, b, L).

Evaluación de llegada de las variables cuantitativas de color			
N° de muestra	L	a	b
1	33.57	-8.51	12.2
2	34.07	-10.8	14.92
3	35.58	-13.13	18.7
4	35.32	-13.48	20.02
5	33.6	-9.29	12.37
6	32.85	-10.22	13.61
7	35.96	-11.57	15.7
8	31.13	-8.44	11.49
9	37.27	-12.36	17.01
10	40.78	-14.61	21.02
Promedios	35,013	-11,241	15,704

Apéndice 5. Variables cuantitativas de color AC 4°C medidas con colorímetro triestímulo Minolta Chromameter (a, b, L).

Variabes cuantitativas de color, según días de almacenaje a 4°C									
Tratamiento	SF 20			SF 30			SF 45		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Testigo	34,70 a	-9,71 a	13,04a	34,87a	-9,01 ab	12,96 bc	18,04a	-7,84 a	12,41 a
2/3	33,78 a	-11,08a	15,25 a	34,83 a	-9,07 a b	12,66 c	30,6a	-9,84 a	13,50 a
2/10	34,49a	-10,44 a	13,83 a	34,98 a	-10,57 bc	14,93 abc	31,68a	-9,19 a	12,30 a
5/3	32,93 a	-11,44a	15,98 a	34,53 a	-10,87 bc	15,55 ab	29,68 a	-10,47 a	15,06 a
5/10	34,04a	-12,01 a	16,75 a	33,86a	-11,08 c	17,02 a	30,64a	-9,16a	12,51 a
5/15	32,78a	-10,74 a	15,22a	34,38a	-8,88 a	12,35 c	31,56a	-9,45a	13,34a

* Letras distintas en la columna representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple LSD ($p < 0,05$), (n=10).

Apéndice 6. Variables cuantitativas de color AC 6°C, medidas con colorímetro triestímulo Minolta Chromameter (a, b, L).

Variabes cuantitativas de color, según días de almacenaje a 6°C									
Tratamiento	SF20			SF30			SF45		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Testigo	33,18 bc	-5,91 a	10,42 c	2,2 c	-2,22a	8,52 b	0,77 b	-1,32a	6,40 c
2/3	34,12 abc	-11,19 bc	16,61 b	29,66a	-10,78 b	14,80 a	32,90a	-10,13 b	14,01 b
2/10	35,55 abc	-13,59 c	19,93 a	29,32 a b	-9,74 b	13,01 a	33,92a	-10,62 bc	14,59 a b
5/3	34,70 a b	-12,73 c	19,91 ab	30,22 a b	-10,47 b	14,31 a	28,78a	-10,24 bc	15,86 a b
5/10	32,36 c	-11,41 bc	16,17 b	30,66 b	-9,19 b	13,03 a	32,52a	-11,98 c	16,72a
5/15	33,47 bc	-8,94 a b	16,09 b	30,26 a b	-9,66 b	12,93 a	31,69a	-10,08 b	14,21 ab

* Letras distintas en la columna representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple LSD ($p < 0,05$), (n=10).

Apéndice 7. Valores de conductividad eléctrica obtenidos en el ensayo de pérdida de iones ("ion leakage").

		4°C SF 45		6°C SF 45	
		Vi (uS/cm)	Vf(uS/cm)	Vi (uS/cm)	Vf(uS/cm)
Tratamiento					
	Muestra				
Testigo	1	70,8	437,0	222,0	924,0
	2	67,0	830,0	250,0	936,0
	3	63,7	747,0	151,0	515,0
	4	72,2	959,0	194,4	914,0
	5	82,9	763,0	183,0	871,0
2/3	1	57,0	609,0	50,2	712,0
	2	51,9	663,0	50,6	750,0
	3	50,1	643,0	53,3	879,0
	4	47,8	587,0	50,1	737,0
	5	42,5	552,0	62,3	947,0
2/10	1	48,6	680,0	45,5	780,0
	2	48,8	831,0	43,4	650,0
	3	51,0	841,0	47,1	675,0
	4	52,4	885,0	39,7	649,0
	5	55,8	879,0	41,3	528,0
5/3	1	44,6	535,0	65,9	796,0
	2	51,9	768,0	53,5	505,0
	3	50,5	624,0	49,4	534,0
	4	38,1	534,0	53,6	687,0
	5	44,1	563,0	64,5	879,0
5/10	1	57,2	768,0	34,4	411,0
	2	53,7	706,0	52,0	716,0
	3	46,4	620,0	36,2	398,0
	4	54,1	870,0	49,8	588,0
	5	49,6	657,0	53,7	681,0
5/15	1	45,5	597,0	87,1	786,0
	2	51,7	694,0	55,3	799,0
	3	39,0	582,0	71,1	953,0
	4	58,8	886,0	59,5	744,0
	5	58,7	755,0	49,6	692,0

Anexo 1. Escala de color para palta variedad Hass; 1=verde, 2=cambio de verde a pardo, 3=mitad verde-mitad pardo, 4=pardo con trazas verdes, 5=negro morado.

