

Pontificia Universidad Católica de Chile  
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal

Departamento de Fruticultura y Enología

**Reversibilidad del efecto del producto 1-MCP en palta Hass**

Proyecto de Título presentado como parte de los requisitos para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo

Bruno Andrés Ceroni Momberg

Profesor Guía: Juan Pablo Zoffoli Guerra, Ing. Agr. M. Sc.

Septiembre, 2004

**Este proyecto de título se realizó gracias a los aportes de la empresa Rhom and Haas Chile Ltda.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis sinceros agradecimientos a todas las personas que trabajan en el laboratorio de postcosecha, por su apoyo, ayuda y alegría entregada durante mi residencia, un agradecimiento especial a mi profesor guía Sr. Juan Pablo Zoffoli, por su importante aporte a mi formación profesional.

*A mi abuela Aida que en paz descansa,  
a mis tíos Nuria, Cristina y Guillermo  
por su apoyo incondicional.*

# INDICE

	Página
1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. MATERIALES Y METODOS.....	4
3.1 Material vegetal.....	4
3.2 Tratamientos.....	4
3.3 Evaluación.....	5
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
5. CONCLUSIONES.....	13
6. BIBLIOGRAFÍA.....	14

## INDICE DE TABLAS

Página

<b>Tabla 1.</b> Efecto de la aplicación de 200 ppb de 1-MCP (SmartFresh 0,14%) sobre el tiempo (días) en alcanzar la madurez promedio de 5 Lb en palta Hass a 20°C y cosechadas en octubre (15,3% aceite, cosecha1), noviembre (15,9% de aceite, cosecha 2) y diciembre (18 % de aceite, cosecha 3) y almacenadas por 6, 21 y 35 días a 5°C. ....	7
<b>Tabla 2.</b> Tiempo (días) de aplicación de 100 ppm de etileno a 20°C para conseguir la madurez promedio de 5 Lb en palta Hass tratadas a la cosecha con 200 ppb de 1-MCP (SmartFresh 0,14%) cosechadas en octubre (15,3% aceite, cosecha1), noviembre (15,9% de aceite, cosecha 2) y diciembre (18 % de aceite, cosecha 3) y almacenadas por 6, 21 y 35 días a 5°C. ....	11

## INDICE DE FIGURAS

Página

- Figura 1.** Evolución de la firmeza (Lb) y color (porcentaje de frutos 100% negro) durante el almacenaje a 5°C de paltas cv. Hass manejadas con 200 ppb, 1-MCP (SmartFresh). La fruta fue cosechada en tres oportunidades c1: octubre 15,3% aceite, c2: noviembre, 15,9% aceite, c3: diciembre,18% aceite..... 8
- Figura 2.** Evolución de la firmeza (Lb) durante la maduración a 20°C de paltas cv. Hass manejadas con 200 ppb, 1-MCP (SmartFresh). La fruta fue cosechada en tres oportunidades c1: octubre 15,3% aceite, c2: noviembre, 15,9% aceite, c3: diciembre, 18% aceite. \* Significativo  $p \leq 0,05$ ..... 9
- Figura 3.** Evolución de la firmeza (Lb) durante la maduración a 20°C de paltas cv. Hass manejadas con 200 ppb, 1-MCP (SmartFresh), almacenada por 6, 21 y 35 días a 5°C y tratadas con 100 ppm de etileno. La fruta fue cosechada en tres oportunidades c1: octubre 15,3% aceite, c2: noviembre,15,9% aceite, c3: diciembre, 18% aceite..... 12

## 1. RESUMEN DEL PROYECTO DE TÍTULO

Bruno Andrés Ceroni Momberg para el grado de Ingeniero Agrónomo presentado el 27 de Septiembre 2004. Título: Reversibilidad del efecto del producto 1-MCP en palta Hass.

Resumen aprobado: Juan Pablo Zoffoli Guerra

La efectividad y la reversibilidad de la aplicación de 200 ppb, 1-MCP (SmartFresh™ 0,14%) fueron evaluadas en palta Hass, en tres oportunidades (octubre, noviembre y diciembre con 15,3%, 15,9% y 18% de aceite respectivamente), considerando tres periodos de almacenaje a 5°C (6, 21 y 35 días). La reversibilidad se evaluó a través de la capacidad de maduración a 20°C de una aplicación gaseosa de 100 ppm de etileno a paltas almacenadas y expuestas previamente a SmartFresh™. La aplicación de SmartFresh™ retrasó la maduración de paltas a través de la retención de la firmeza y del color verde de la piel del fruto, durante el almacenaje a 5°C. Este efecto se verificó durante la maduración a 20°C, en esa situación la fruta cosechada en octubre y tratada con SmartFresh™ se mantuvo mas firme después de 6 y 4 días de maduración a 20°C en la fruta almacenada por 6 y 20 o 35 días respectivamente. El efecto no fue importante en la fruta cosechada en noviembre y diciembre y almacenada por 35 días a 5°C. La aplicación de 100 ppm de etileno logró acelerar la madurez de los frutos y por lo tanto revertir el efecto del producto SmartFresh™. El tiempo de aplicación de etileno para alcanzar una madurez de 5 lb de firmeza, fluctuó entre 4 y 1,5 días dependiendo principalmente del tiempo de conservación previo a la aplicación. El mayor tiempo de exposición fue para 6 días de almacenaje y el menor para 35 días. Diferentes tiempos de aplicación son discutidos en función de los requerimientos de acceso a los mercados.

## 2. INTRODUCCIÓN

La producción de palta a nivel nacional es de alrededor de 135 millones de kilos, con un volumen exportado de 77 millones, que representa el 57 %. El principal mercado de exportación es el de EEUU con un ingreso para el país de US \$140 millones.

La exportación se concentra desde julio a enero, siendo los meses de septiembre a noviembre los más importantes. El auge exportador al mercado de EEUU ha estado protegido por el veto a la importación del estado de California de palta desde México, principal país productor de esta especie, situación que cambiará a partir de la temporada 2004 donde se aceptará el producto desde este país.

En este nuevo escenario, los requerimientos de exportación a mercados más distante como Europa aumentarán y la conservación de la fruta será cada vez mayor. Los tiempos de 20 días se extenderán a 30 e incluso 40 días.

El conocimiento de las causales de deterioro de este fruto como su manipulación resultan ser fundamentales en esta nueva realidad del cultivo. Las herramientas tecnológicas disponibles deben orientarse a la segregación del producto y aquellas que se complementen con el manejo de enfriamiento.

La palta es un fruto que logra su expresión climactérica solo cuando es removida desde el árbol, en este proceso los cambios más relevantes son el ablandamiento y el cambio de color de la piel de algunas variedades, de verde a negro en el caso del cultivar Hass. La aceptabilidad mínima de la fruta se ha definido en términos legales en torno a 10% de aceite, y se ha asociado a una menor conservación cuando las cosechas se prolongan hacia los meses de verano.

La alta desuniformidad de los lotes, producto de la variabilidad en la madurez genera un producto de alto riesgo de conservación sobre todo cuando el tiempo de almacenaje supera los 30 días. La estrategia actual se ha basado en el manejo oportuno de enfriamiento y el uso de temperatura bajas de 3°C, esta temperatura es cercana a lo considerado crítico desde el punto de vista de daño por frío (2,5°C, para el caso de Hass). El uso de esta temperatura, aunque resulta seguro para tiempos de 20 días de transporte y almacenaje, puede ser crítico para periodos mas prolongados, especialmente los 35 a 40 días que requiere la exportación a Europa y Asia respectivamente. En esta última situación serán evidentes los síntomas de daño en la pulpa y el ablandamiento prematuro durante la maduración a alta temperatura. La

conservación de palta por lo tanto requiere la introducción de otras tecnologías que se complementen con el uso de una temperatura óptima de conservación, libre de riesgos de daño por frío.

En este contexto el laboratorio de poscosecha de la Pontificia Universidad Católica ha estado evaluando las variables relacionados con la efectividad del producto 1-metilciclopropeno compuesto inhibidor de la madurez a través del bloqueo competitivo de la acción del etileno. Los resultados preliminares publicados anteriormente (Zoffoli et al., 2003) demostraron la efectividad del producto en mantener el color verde del fruto y firmeza durante la conservación y retrasar la expresión de la madurez de consumo cuando la fruta era expuesta a alta temperatura. Este resultado estuvo mas marcado cuando la fruta era cosechada con menor madurez o menor porcentaje de aceite. Sin embargo, a pesar de los resultados positivos, se requería de un procedimiento para revertir el efecto del 1-MCP y tener el producto con la madurez de consumo en el momento deseado.

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un procedimiento de maduración de palta que logre revertir el efecto del producto 1-MCP.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Material vegetal

Paltas de la variedad Hass fueron obtenidas de la zona de San Vicente Tagua-Tagua ubicada en la sexta Región de Chile. La fruta fue seleccionada en tres momentos considerando la concentración de aceite, octubre, con un 15,3% de aceite, noviembre con un 15,9 % de aceite y la tercera cosecha fue en diciembre, con 18 % de aceite.

#### 3.2 Tratamientos

La fruta fue trasladada al laboratorio de pos cosecha de la Pontificia Universidad Católica donde se almacenó en una cámara a 5° C por 24 horas, hasta obtener una temperatura de pulpa de 6° C. El 50% de esta fruta fue tratada con el producto 1-MCP, (SmartFrech<sup>TM</sup> (0,14% i.a)) en forma gaseosa en un recipiente hermético de 1 m<sup>3</sup> por un periodo de 12 horas a 5°C, con una concentración de 200 ppb. El resto fue dejado como control sin la aplicación de SmartFrech<sup>TM</sup> (0,14% i.a). Al final de la aplicación la fruta volvió a una cámara de conservación a 5°C.

La fruta se almacenó por 6, 21 y 35 días a 5° C. En cada uno de estos períodos se trasladaron cajas con 1- MCP y testigo sin aplicación, a dos cámaras de maduración a 20° C, una con etileno y la otra sin etileno. La aplicación de etileno consistió en una concentración de 100 ppm de etileno gaseoso aceptando 50 ppm como nivel crítico transitorio para realizar la re-aplicación. La cámara fue monitoreada en forma periódica en CO<sub>2</sub> y etileno procurando que el CO<sub>2</sub> no aumentara de 1% y que el etileno no fuera inferior a 50 ppm.

La concentración de CO<sub>2</sub> se controló con un analizador de gas infrarrojo (Horiba VIA 510) y el etileno fue cuantificado con un cromatógrafo (Fisson GC 8000).

La fruta estuvo expuesta al etileno por 1,5, 2,0, 2,5 o 3,0 y 4,0 días y fue evaluada, en relación al tiempo en alcanzar la madurez de consumo (100% de la fruta el color negro de la piel, y firmeza inferior a 2 Lb).

#### 3.3 Evaluación

Los cambios de madurez que experimentó la fruta fueron analizados a través de los siguientes parámetros:

La firmeza se cuantificó con un presionómetro manual, utilizando émbolos de 6mm, en ambas mejillas del fruto, previamente removida la zona en que realizó la evaluación.

El color se cuantificó utilizando una distribución de color por una escala donde el 0% es fruta totalmente verde y el 100% negro.

Las alteraciones internas se evaluaron cortando los frutos horizontalmente y verticalmente para verificar si existían pardeamiento interno, pudriciones y maduración incompleta.

Análisis estadístico, los resultados fueron comparados estadísticamente en cada período de almacenaje verificando las diferencias de firmeza y color entre la fruta tratada y testigo, el diseño fue completamente al azar con cuatro repeticiones donde cada una contenía frutos.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento de la fruta durante el almacenaje a 5°C fue similar para los diferentes periodos de cosecha, la principal diferencia estuvo en la capacidad de ablandamiento de cada una de ellas. La fruta de 15,9% de aceite cosechada en el mes de noviembre fue la de mayor ablandamiento incluso que la fruta de la cosecha de diciembre con 18% de aceite.

La aplicación de SmartFresh™ redujo el ablandamiento de la fruta y mantuvo el color verde durante la conservación a 5°C en comparación con la fruta testigo sin tratar. En la fruta de 15,3% de aceite, con SmartFresh™, el ablandamiento fue nulo hasta los 35 días de almacenaje en cambio la fruta testigo tenía una firmeza de 17 Lb al final del periodo de almacenaje. El porcentaje de fruta que se encontraba con la piel de color negro fue de 50% comparado con 10% en la etapa mas crítica de almacenaje, un comportamiento similar se produjo en la fruta cosechada en noviembre y diciembre. La fruta testigo de la cosecha de noviembre tuvo un mayor porcentaje de fruta de color negro (60%) y menor firmeza (5Lb) demostrando el mayor potencial de ablandamiento de esta fruta. La firmeza de la fruta con Smartfresh en este caso era de 15 Lb. La cosecha de diciembre, sin embargo fue de menor potencial de ablandamiento a 5°C, de todas las condiciones analizadas. La fruta testigo tuvo un ablandamiento difícil de percibir incluso después de 35 día de almacenaje.

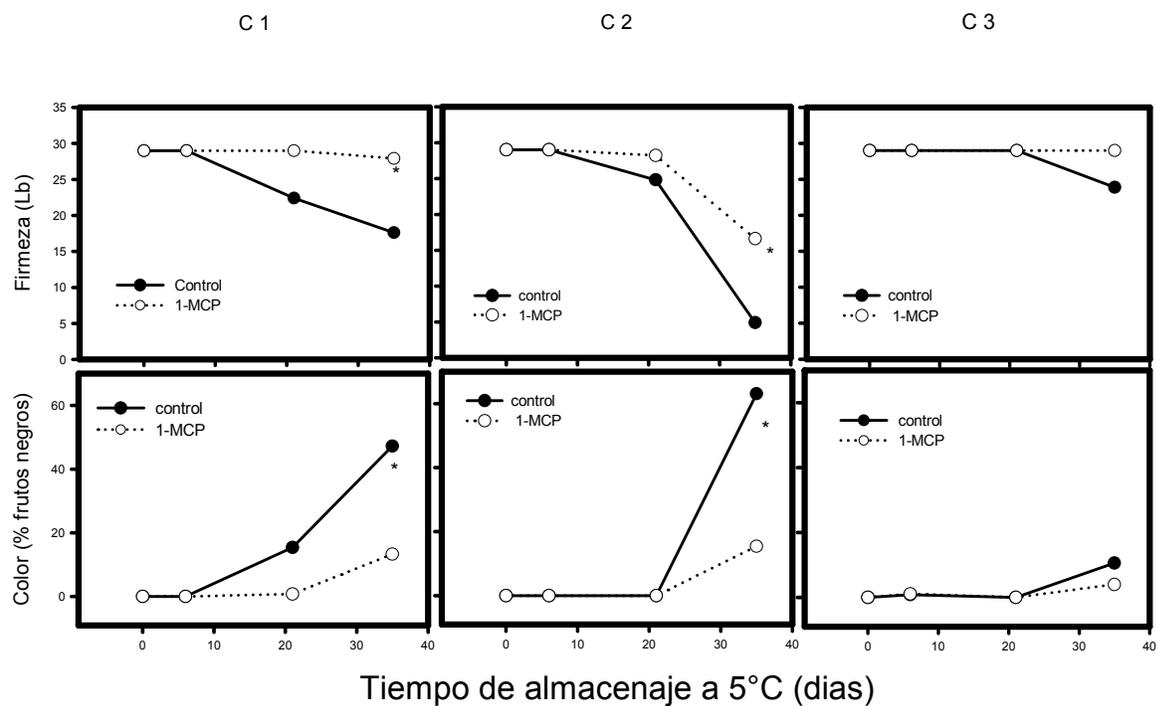
La necesidad de llegar con fruta firme pero especialmente de color verde es prioritario en un mercado de alto volumen de paltas y especialmente cuando existe en la actualidad la asociación de viraje de color con fruta de alto riesgo de conservación.

La aplicación de SmartFresh™ influyó en la tasa de maduración a 20°C, produciendo un mayor atraso en aquella fruta de menor tiempo de conservación.

La fruta de los diferentes periodos de cosecha (octubre a diciembre) tratada con SmartFresh™ tuvo un atraso en la maduración que fue dependiente del tiempo de almacenaje y el momento de cosecha. La fruta cosechada en octubre y tratada con SmartFresh mantuvo una firmeza significativamente mayor que el control después de 6 y 4 días de maduración a 20°C una vez finalizado los 6 y 21 o 35 días de almacenaje a 5°C respectivamente. En el caso de la fruta cosechada en noviembre y diciembre este efecto se repitió en la fruta almacenada por 6 y 21 días a 5°C pero no fue efectivo para tiempos de conservación de 35 días. (Tabla 1, Figura 1 y 2).

Tabla 1. Efecto de la aplicación de 200 ppb de 1-MCP (SmartFresh 0,14%) sobre el tiempo (días) en alcanzar la madurez promedio de 5 Lb en palta Hass a 20°C y cosechadas en octubre (15,3% aceite, cosecha1), noviembre (15,9% de aceite, cosecha 2) y diciembre (18 % de aceite, cosecha 3) y almacenadas por 6, 21 y 35 días a 5°C

Tiempo de almacenaje a 5°C (Días)	Tiempo para alcanzar madurez de 5 lb (días)					
	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha 3	
	Control	1-MCP	Control	1-MCP	Control	1-MCP
6	7,5	9,0	4,0	7,0	6,5	7,5
21	2	4,0	2	4,0	3,0	5,5
35	1,8	4,0	0	2,0	1,5	2,5



\*significativo ( $P \leq 0,05$ )

Figura 1. Evolución de la firmeza (Lb) y color (porcentaje de frutos 100% negro) durante el almacenaje a 5°C de paltas cv. Hass manejadas con 200 ppb, 1-MCP (SmartFresh). La fruta fue cosechada en tres oportunidades c1: octubre 15,3% aceite, c2: noviembre, 15,9% aceite, c3: diciembre, 18% aceite.

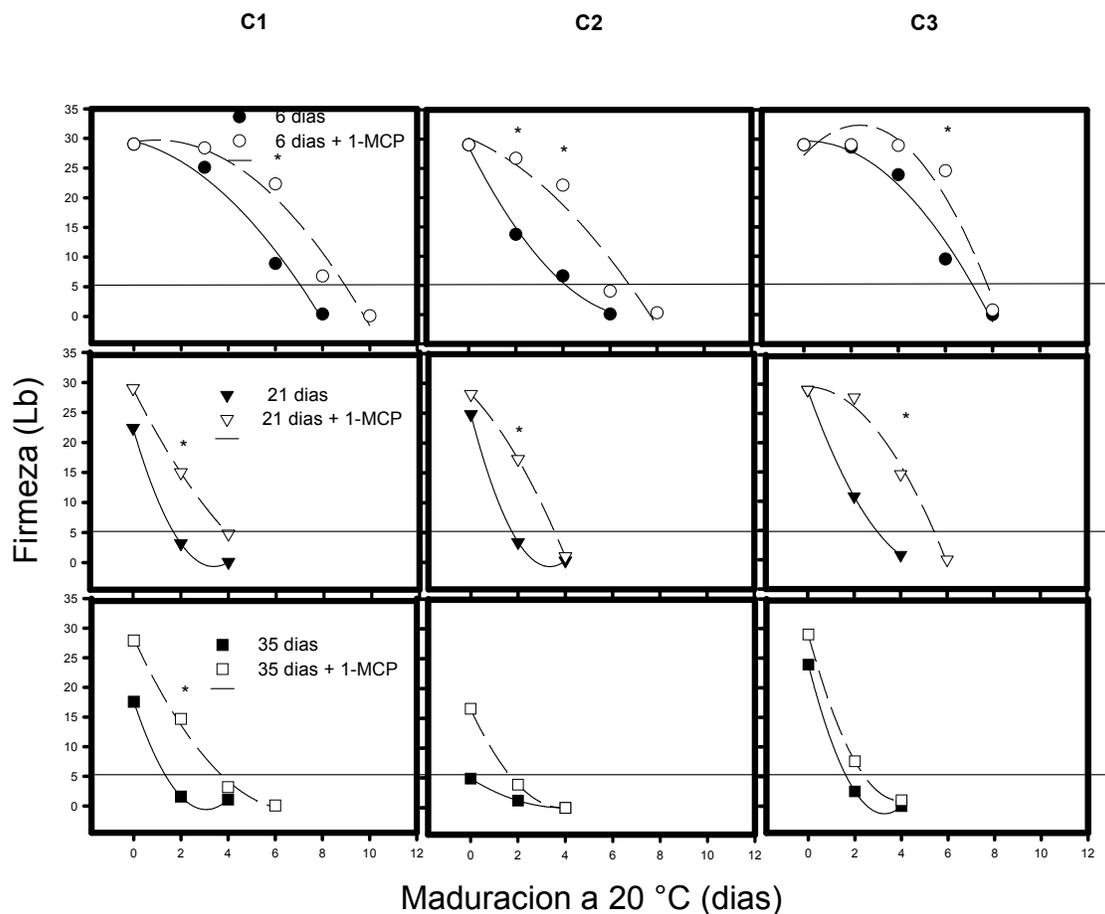


Figura 2. Evolución de la firmeza (Lb) durante la maduración a 20°C de paltas cv. Hass manejadas con 200 ppb, 1-MCP (SmartFresh). La fruta fue cosechada en tres oportunidades c1: octubre 15,3% aceite, c2: noviembre, 15,9% aceite, c3: diciembre, 18% aceite. \* Significativo  $p \leq 0,05$

La reversión del efecto del producto SmartFresh™ se evaluó al verificar la efectividad del etileno en estimular la maduración de la fruta tratada con SmartFresh™, especialmente después de un corto período de almacenaje donde existió el mayor efecto inhibitorio de la madurez.

La fruta cosechada en octubre, tratada con 200 ppb de SmartFresh™ y madurada a 20°C después de 6 días de aplicación mantuvo una firmeza superior a 20 Lb durante los primeros seis días. La aplicación de 100 ppm etileno, por 2, 3 y 4 días redujo la firmeza a 20, 10 y 5 Lb respectivamente demostrando la capacidad de reversión del etileno sobre el producto SmartFresh™.

Esta capacidad de reversión del etileno sobre el SmartFresh™ fue notoria en el caso de la fruta cosechada en diciembre. En esta situación la fruta tratada con SmartFresh™ mantuvo una firmeza alta constante entre 28 y 30 Lb por un periodo de 4 días a 20°C, comparativamente la fruta con SmartFresh™ pero acondicionada con 100 ppm de etileno en ese mismo periodo de tiempo tuvo una firmeza de 25, 15 y 0 Lb después de 2, 3 y 4 días de aplicación de 100 ppm de etileno. Es importante señalar que la fruta tratada con 100 ppm de etileno por 1,5 días alcanzó la madurez de consumo después de 5 días de remoción del tratamiento en cambio la fruta tratada por 2 y 3 días logró la madurez de consumo después de 1 a 2 días más, es decir un periodo máximo total también de 5 días.

La reversión del efecto de SmartFresh™ fue similar en la fruta almacenada por 20 y 35 días aunque en los casos de mayor tiempo de conservación fue menos justificable la aplicación.

Realizando un análisis comparativo, la fruta tratada con SmartFresh™ con 6 días de almacenaje a 5°C requirió de 4 días de aplicación con 100 ppm de etileno para alcanzar la madurez de 5 Lb, independiente del momento de cosecha, en cambio si la fruta tratada tenía 21 días de conservación el tiempo de aplicación fluctuó entre 2 y 3 días, en el caso de 35 días el tiempo fluctuó entre 1,5 y 2 días.

Los frutos con 5 Lb lograron la madurez de consumo (menor a 2 Lb), después de un día de maduración sin etileno, por lo tanto si se desea un tiempo mayor entre la aplicación y venta del producto, la fruta debe removerse antes, con menor tiempo de aplicación, es decir con fruta con valores de firmeza entre 15 y 10 Lb, es decir la condición de consumo se logrará después de 4 a 3 días de exposición en anaquel a 20°C. (Tabla 2, Figura 3).

Tabla 2. Tiempo (días) de aplicación de 100 ppm de etileno a 20°C para conseguir la madurez promedio de 5 Lb en palta Hass tratadas a la cosecha con 200 ppb de 1-MCP (SmartFresh 0,14%) cosechadas en octubre (15,3% aceite, cosecha1), noviembre (15,9% de aceite, cosecha 2) y diciembre (18 % de aceite, cosecha 3) y almacenadas por 6, 21 y 35 días a 5°C.

Tiempo de almacenaje a 5°C (Días)	Tiempo para alcanzar la madurez de 5 lb (días)					
	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha 3	
	- C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	+ C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	- C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	+ C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	- C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	+ C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
6	9,0	4	7,0	3,5	7,5	3,5
21	4,0	2,5	3,5	2	5,5	3,0
35	4,0	2	2,0	1,5	2,5	1,5

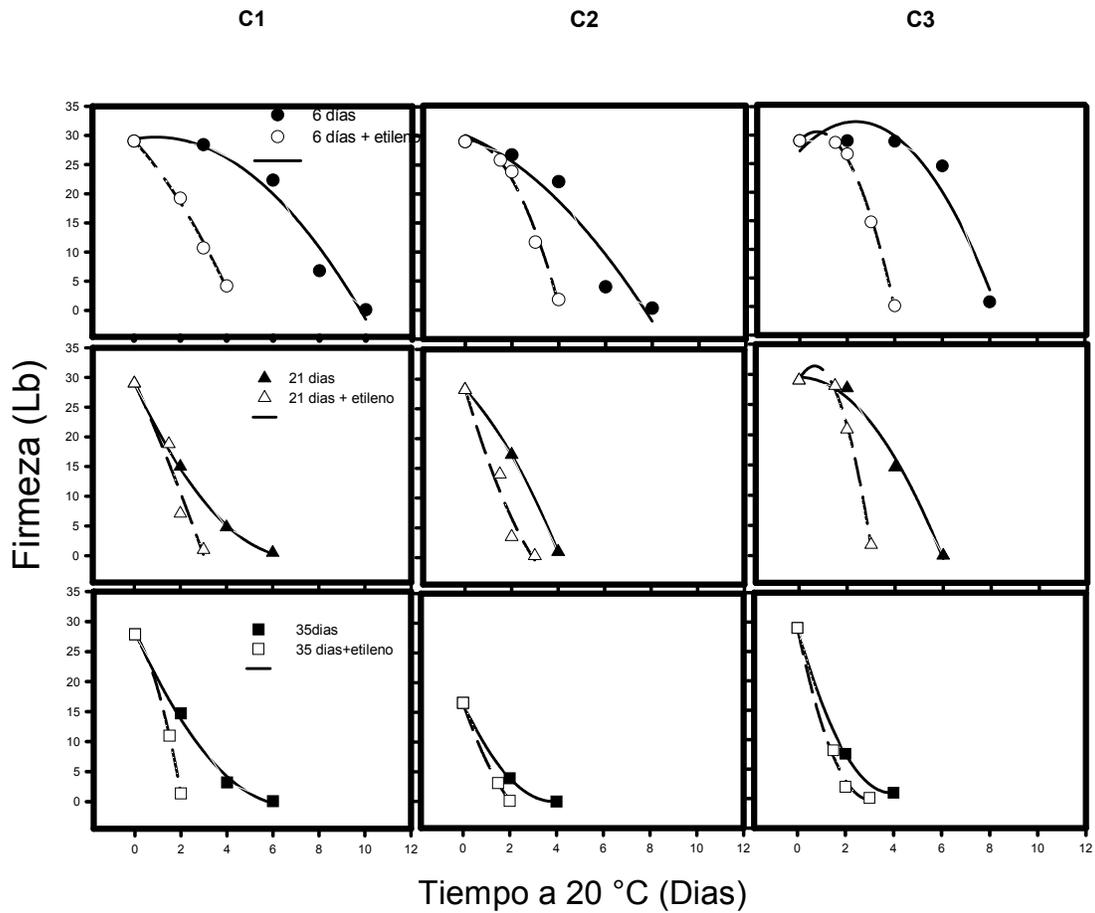


Figura 3. Evolución de la firmeza (Lb) durante la maduración a 20°C de paltas cv. Hass manejadas con 200 ppb, 1-MCP (SmartFresh), almacenada por 6, 21 y 35 días a 5°C y tratadas con 100 ppm de etileno. La fruta fue cosechada en tres oportunidades c1: octubre 15,3% aceite, c2: noviembre, 15,9% aceite, c3: diciembre, 18% aceite.

## 5. CONCLUSIONES

La efectividad del producto 1-MCP (SmartFresh™, 0,14%) fue demostrada por un menor ablandamiento y mayor retención del color verde a salida de almacenaje refrigerado a 5°C después de 6, 21 y 35 días de conservación a 5°C. Este efecto se comprobó en la fruta cosechada en octubre, noviembre y diciembre con 15,3%, 15,9% y 18% de aceite respectivamente.

El efecto del producto SmartFresh™ se mantuvo durante la maduración a 20°C, pero no fue evidente en la fruta almacenada por 35 días y cosechada en noviembre o diciembre.

La aplicación de etileno logró revertir el efecto del producto SmartFresh™ logrando acelerar el proceso de maduración reflejado en un menor tiempo en alcanzar el estado de madurez de 5 Lb en comparación a la fruta sin etileno.

El tiempo de aplicación de etileno, para revertir el efecto de SmartFresh™ y madurar la fruta hasta 5 Lb sería de 4 días para el caso de fruta de muy corto tiempo de almacenaje (6 días a 5°C) y entre 1,5 a 2 días para la fruta de mayor tiempo 21 y 35 días de almacenaje a 5°C.

La fruta después de 1 día alcanzará la madurez de consumo. En caso que se desee mayor tiempo entre aplicación y consumo se debería madurar hasta 15 o 10 Lb en ese estado la fruta alcanzaría la madurez de consumo en 4 y 3 días respectivamente.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, M; Lizana, L y Berger, H. 1995.** Desórdenes fisiológicos en paltas. In: IV Simposio Internacional de Manejo, Calidad y Fisiología de postcosecha de Frutos. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 42. pp 77-83.
- Berger, H. 1996.** Maduración de paltas y su conservación en almacenaje refrigerado ACONEX. 16:5-7.
- Faubion, D; Mitchell, G; Mayer, G; and Arpaia, M. 1991.** Response of “Hass” avocado to Postharvest storage in controlled atmosphere conditions. University of California, Riverside and California Avocado Society. World avocado Congress II. Proceeding California.
- Gardiazabal, F. 1994.** Producción mundial de paltas. Empresa y Avance. AGRÍCOLA. 31:6-9.
- Kader, A. 1985.** Postharvest handling systems in subtropical fruits. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California. División of Agriculture and Natural Resources. California. Special Publication N°3311:152-156.
- Kader, A. y Arpaia, M. 2000.** Palta. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Department of Pomology, University of California.
- Lemmer, D. and Kruger, F. 2003.** Laboratory based evaluation of 1-methyl ciclopropene (1-MCP): with five South African commercial export avocado cultivars. ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops. World avocado Congress V Proceeding Granada-Malaga.
- Lemmer, D. et al. 2003.** Semi-commercial evaluation of Smart-Fresh™ with South African export avocados in static containers at a packinghouse during 2002. South African Avocado Growers Association Yearbook. World avocado Congress V Proceeding Granada-Malaga.
- Pablo, I.; Akamime, E.; and Chachin, K. 1979.** Fisiología de la post recolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. México, continental. pp 261-280.
- Reid, M. 1992.** Ethylene in Postharvest technology in: Kadias. A. Ed. Postharvest technology of horticulture crops 2<sup>nd</sup> ed. California University of California. pp.97-108.
- Vutapanich, S. And Hofman, P. 1998.** Cold Storage using lower temperatures. Talking avocado 8 (1):23.
- Wills, R.; Lee, T.; McGlason, W.; Hall, E.; Graham, D. 1989.** Fisiología y maduración de frutas y hortalizas post recolección. Zaragoza. 195p.

**Woolf, A.B. 1997**, Reduction of chilling injury in stored "Hass" avocado fruit by 38 degrees C water treatments.

**Zaberman, G. 1988**. response of mature avocado fruit to postharvest ethylene treatment applied immediately after harvest hortscience. 22(3):588-698.

**Zoffoli, J.P ;Beltran, T ; Callejas, M.J. 2002**. 1-Metilciclopropeno: Una Herramienta Efectiva para Controlar la Maduración de Palta y Relacionarla con la Maduración de Cosecha. ACONEX 81:24-30.