



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

PROCESO DE MADURACIÓN Y CALIDAD DE FRUTO DE AGUACATE CV. CARMEN HASS

BELEM DOMÍNGUEZ RÍOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

La presente tesis titulada “**PROCESO DE MADURACIÓN Y CALIDAD DE FRUTO DE AGUACATE CV. CARMEN HASS**” realizada por la alumna **Belem Domínguez Ríos** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA

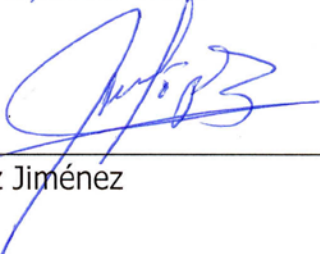
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Crescenciano Saucedo Veloz

ASESOR



Dr. Alfredo López Jiménez

ASESOR



Dr. José Isabel Cortes Flores

ASESOR



M. C. David Jaen Contreras

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Agosto de 2014

Proceso de maduración y calidad de fruto de aguacate cv. Carmen Hass

Belem Domínguez Ríos, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

Se estudió el comportamiento postcosecha de frutos de aguacate cultivar Carmen Hass, el cual morfológicamente es similar al cv. Hass, pero con un patrón de floración precoz que, coincide con la floración 'loca' de 'Hass'; situación que resulta importante ya que su cosecha ocurre de 1 a 2 meses antes, siendo su periodo de producción de hasta cuatro meses (junio-septiembre). Los objetivos de esta investigación fueron evaluar los cambios relacionados con la maduración en frutos cosechados en tres grados de madurez, definidos por el porcentaje de materia seca (22.6%, 24.6% y 27.9%), y almacenado por 3 periodos de refrigeración (1, 2 y 3 Semanas) a $5\pm 1^{\circ}$ C. Por cada grado de madurez se seleccionó un total de 10 frutos para evaluar el contenido nutrimental y contenido de materia seca, 40 frutos para ser almacenados directamente a $20\pm 2^{\circ}$ C y 40 frutos para cada periodo de refrigeración. Durante la maduración, después del periodo de refrigeración, se determinaron las variables: firmeza de la pulpa (N), pérdidas de peso (%), color externo (IC=-10ab/L), carotenoides totales en pulpa, clorofila en epicarpio, intensidad respiratoria y producción de etileno. Los resultados obtenidos mostraron que un almacenamiento mayor a 2 semanas a $5\pm 1^{\circ}$ C en los tres grados de madurez, provocan daños en el epicarpio de los frutos y afectan el incremento de contenido de carotenoides durante su maduración. Los frutos con 22.6 % MS presentaron mayores contenidos de Ca, lo que se relacionó con retardo en la pérdida de firmeza al evolucionar la maduración en frutos sin o con una semana de refrigeración. Los frutos con 27.9% MS almacenados por 3 semanas a $5\pm 1^{\circ}$ C, presentaron pérdidas de peso significativamente mayores al ocurrir la maduración. Se recomienda realizar estudios de correlación entre el contenido de materia seca y concentración de elementos minerales que, permitan predecir el comportamiento de la maduración y calidad por diferentes periodos de refrigeración.

Palabras Clave: Persea americana Mill, grado madurez, postcosecha.

Ripening and quality of avocado fruit cv. Carmen Hass

Belem Domínguez Rios, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

ABSTRAC

Postharvest behavior of fruits Hass Carmen avocado cultivar was studied, which is morphologically similar to cv Hass, with but with a flowering pattern, coincides the 'crazy' bloom 'Hass'; situation is important because harvesting occurs 1-2 months ago, and its production period of up to four months (June to September). The objectives of this research were to evaluate the changes associated with ripening in fruits harvested in three maturity levels, defined by the percentage of dry matter (22.6%, 24.6% and 27.9% DW), and stored for 3 periods of cold storage (1, 2 and 3 weeks) at 5 ± 1 ° C. for each maturity was selected 10 fruits to evaluate the chemical composition and dry matter content, 40 fruits to be stored directly at 20 ± 2 ° C and 40 fruits for each period of cold storage. During ripening after cold storage period variables were determined: flesh firmness (N), weight loss (%), external color (IC =-10ab / L), total carotenoids in pulp, epicarp chlorophyll content, intensity respiratory and ethylene production. results showed that the more storage to 2 weeks at 5 ± 1 ° C in three degrees of maturity, causing damage to the epicarp of the fruits and affect the increase in carotenoid content during ripening. The fruit with 22.6% MS had higher contents of Ca, which is related to delays in the loss of firmness occur in ripening fruit without or cold storage for one week. The fruits with 27.9% MS stored for 3 weeks at 5 ± 1 ° C, showed significantly greater weight loss at ripening occur. It is recommended to correlated the content of dry matter of the with mineral element contents, to predict behavior of ripening and quality, for different periods of cold storage.

Keywords: *Persea americana* Mill, maturity, postharvest.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo económico para realizar la maestría.

Al **Colegio de Posgraduados** por brindarme las facilidades para desarrollarme académicamente.

Al **Dr. Crescenciano Saucedo Veloz** por darme la oportunidad y creer en mí para la realización de esta investigación, por su amistad, apoyo, disponibilidad y asesoría durante mi formación académica.

Al **Dr. Alfredo López Jiménez** por su asesoría y apoyo brindado durante toda la investigación, y sobre todo por las aportaciones y sugerencias hechas en la misma.

Al **Dr. José Isabel Cortes Flores** por su disponibilidad, apoyo y sugerencias recibidas para la realización de este trabajo.

Al **M. C. David Jaen Contreras** por su apoyo y asesoría durante toda la investigación y por sus consejos y amistad

Al **Dr. Javier Suarez Espinosa** por su disponibilidad y asesoría en la realización del análisis estadístico.

A **Fernando García Espejel** por todo su apoyo para la culminación de esta investigación.

Al **Dr. Salvador Ochoa y Ángel Nuviedo** quienes proporcionaron el material Vegetal desarrollado en Uruapan Michoacán.

DEDICATORIA

A mi madre **Guadalupe Ríos** (†), por darme la vida.

A mi padre **Valeriano Domínguez** por siempre recibir su apoyo, por sus enseñanzas y su cariño.

A mi esposo **Fernando García**, por su amor, comprensión y ayuda incondicional.

A mi hija **Evelyn Ivette García**, por ser la luz de mi vida.

A mis hermanos, en especial a **Marcia, Juana y Felipe**, por su apoyo, cariño y palabras de aliento.

A mis suegros **Irma Espejel y Félix García**, por el cariño y apoyo recibido.

A mis **amig@s**, con los que compartí grandes momentos.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRAC	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	2
2. OBJETIVOS	2
2.1 General:	2
2.2 Particulares:	2
2.3 Hipótesis	2
CAPITULO III	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Generalidades del aguacate	3
3.2 Maduración	5
3.3 Índices de madurez	7
3.4 Firmeza	7
3.5 Contenido de Aceite	8
3.6 Color	9
3.7 Respiración	9
3.8 Frigoconservación	10
3.9 Nutrición y Calidad del fruto	11

CAPITULO IV	15
4. Materiales y Métodos.....	15
4.1 Material Vegetal	15
4.2 Tratamientos	16
4.3 Variables medidas.....	17
4.4 Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1 Grado de madurez	26
5.2 Estado Nutrimental.....	27
5.3 Firmeza del fruto	29
5.4 Pérdida de peso	33
5.5 Color externo.....	38
5.6 Carotenos totales en pulpa	50
5.7 Clorofila.....	53
5.8 Intensidad respiratoria.....	56
5.9 Producción de etileno.....	56
CAPITULO IV	59
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	61
CAPITULO VII	62
LITERATURA CITADA	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Periodos de cosecha del aguacate aunado al tipo de floración.....	4
Cuadro 2. Preparación de las diluciones para la curva estándar de carotenos.....	20
Cuadro 3. Contenidos de materia seca y aceite en la pulpa de aguacate según la época de corte.....	27
Cuadro 4. Concentración nutrimental en tejidos de frutos de aguacate 'Carmen Hass' en base a peso seco, con distintos grados de madurez al momento de cosecha.....	29
Cuadro 5. Pérdida de peso (%) en frutos de aguacate 'Carmen Hass' al finalizar el Tratamiento de refrigeración.....	35
Cuadro 6. Pérdida de peso (%) en frutos de aguacate 'Carmen Hass' según el porcentaje de materia seca con el que fue cosechado.....	35
Cuadro 7. Pérdida de peso (%) en frutos de aguacate 'Carmen Hass', interacción % materia seca y tiempo de refrigeración.....	36
Cuadro 8. Componentes del color externo de frutos de aguacate 'Carmen Hass' al momento de cosecha y a la madurez de consumo (5 N), con maduración directa a $20\pm 2^{\circ}$ C.....	40
Cuadro 9. Componentes de color externo de frutos de aguacate 'Carmen Hass' con 22.6% MS, al momento de cosecha, la salida de cada periodo de refrigeración y a la madurez de consumo.....	45
Cuadro 10. Componentes de color Externo de frutos de aguacate 'Carmen Hass' con 24.6% MS, al momento de cosecha, la salida de cada periodo de refrigeración y a la madurez de consumo.....	45

Cuadro 11. Componentes de color externo de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ con 27.9% MS, al momento de cosecha, la salida de cada periodo de refrigeración y a la madurez de consumo.....	46
Cuadro 12. Contenido de carotenoides en pulpa (mg / 100 g MS) de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ al momento de cosecha, a la salida de refrigeración y a la madurez de consumo (5 N).....	51
Cuadro 13. Contenido de clorofila total en el exocarpio (mg / 100 g MS) de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ al momento de cosecha, a la salida de refrigeración y a la madurez de consumo (5 N).....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva estándar de carotenos.....	21
--	----

Figura 2. Comportamiento de la firmeza del fruto durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C y 50 ± 5 % H.R. A) Sin recibir refrigeración, B) Con tratamientos de refrigeración y con 22.6% MS, C) Con tratamientos de refrigeración y con 24.6% MS, D) Con tratamientos de refrigeración y con 27.9% MS. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).	32
Figura 3. Comportamiento de la pérdida de peso de frutos durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C y 50 ± 5 % H.R. A) Sin recibir refrigeración, B) Con tratamientos de refrigeración y con 24.6% MS, C) Con tratamientos de refrigeración y con 27% MS. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).	37
Figura 4. Comportamiento de los componentes de color externo de frutos madurados directamente a $20\pm 2^{\circ}$ C y 50 ± 5 % H.R. A) Índice de color B) Luminosidad C) Ángulo Hue D) Croma. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).	41
Figura 5. Cambios de color en el exocarpio de los frutos después de 1, 2 y 3 semanas de refrigeración y al alcanzar la madurez de consumo.	44
Figura 6. Comportamiento de los componentes de color externo de frutos con 22.6% MS madurados a $20\pm 2^{\circ}$ C y 50 ± 5 % H.R después de cada tratamiento de refrigeración. A) Índice de color, B) Luminosidad, C) Ángulo Hue, D) Croma. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).	47

Figura 7. Comportamiento de los componentes de color externo de frutos con 24.6% MS madurados a 20±2° C y 50±5 % H.R después de cada tratamiento de refrigeración. A) Índice de color, B) Luminosidad, C) Ángulo Hue. D) Croma. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).	48
Figura 8. Comportamiento de los componentes de color externo de frutos con 27.9% MS madurados a 20±2° C y 50±5 % H.R después de cada tratamiento de refrigeración. A) Índice de color. B) Luminosidad, C) Ángulo Hue. D) Croma. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).	49
Figura 9. Comportamiento de contenido de carotenoides en pulpa de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’, durante la maduración a 20±2° C y 50±5 % H.R. A) Sin recibir refrigeración, B) Con tratamientos de refrigeración y con 22.6% MS, C) Con tratamientos de refrigeración y con 24.6 % MS D) Con tratamientos de refrigeración y con 27.9% MS. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).	52
Figura 10. Comportamiento del contenido de clorofila en el exocarpio de frutos aguacate ‘Carmen Hass’, durante la maduración a 20±2° C y 50±5 % H.R. A) Sin recibir refrigeración, B) Con tratamientos de refrigeración y con 22.6% MS, C) Con tratamientos de refrigeración y con 24.6% MS, D) Con tratamientos de refrigeración y con 27.9% MS. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).	55

Figura 11. Comportamiento de la respiración de frutos almacenados directamente a $20\pm 2^{\circ}$ y frutos con 3 periodos de almacenamiento a $5\pm 1^{\circ}$ C con posterior maduración. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$). 57

Figura 12. Comportamiento de la producción de etileno en frutos almacenados directamente a $20\pm 2^{\circ}$ C y frutos con 3 periodos de almacenamiento a $5\pm 1^{\circ}$ C con posterior maduración. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$). 58

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

México es un importante productor de aguacate, su producción representa el 32.8% del total a nivel mundial; a nivel nacional el estado con mayor producción es Michoacán con 84.89%, siendo la variedad Hass la más cultivada. Fisiológicamente el aguacate 'Hass' presenta, generalmente, cuatro floraciones al año que, por la época de aparición son conocidas como: flor loca, flor avanzada, flor normal y flor marceña. Recientemente se registró en California, USA un nuevo cultivar denominado 'Carmen Hass' el cual es morfológicamente similar a 'Hass', pero con un patrón de floración precoz que, coincide con la floración 'loca' del 'Hass'; lo cual resulta importante para cubrir la demanda de aguacate en época de baja producción del 'Hass'.

A la fecha solamente existe información muy general sobre el comportamiento postcosecha del fruto 'Carmen Hass' de acuerdo al grado de madurez (fecha de cosecha) y condiciones de almacenamiento, que son los dos factores determinantes para definir el manejo de conservación y/o transporte, que permita llegar al mercado con fruto en buena calidad.

CAPITULO II

2. OBJETIVOS

2.1 General:

- Evaluar el efecto del grado de madurez al momento de cosecha en el proceso de maduración y calidad de fruto de aguacate 'Carmen Hass', con y sin tratamiento previo de refrigeración.

2.2 Particulares:

- Estudiar el comportamiento fisiológico y calidad del fruto de aguacate 'Carmen Hass' durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, cosechados con tres diferentes grados de madurez
- Evaluar la influencia de tres periodos de almacenamiento previo a 5°C , en la maduración de los frutos cosechados con tres diferentes grados de madurez

2.3 Hipótesis

- El grado de madurez al momento de cosecha y el periodo de almacenamiento previo del fruto, influyen significativamente en el proceso de maduración y calidad de los frutos de aguacate 'Carmen Hass'.

CAPITULO III

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades del aguacate

3.1.1 El cultivo de aguacate

El aguacate se originó en Mesoamérica, en la región alta del centro de México y Guatemala (William, 1977). El principal cultivar comercial en el mundo es Hass, el cual fue desarrollado en California, USA, presenta un 10 a 15 % de genes de raza Mexicana y el resto de la raza Guatemalteca (Bergh y Ellstrand, 1986). La raza mexicana tiene como principal ventaja la resistencia al frío, así como su alto contenido de aceite y la raza Guatemalteca presenta una cáscara bastante gruesa (Barrientos *et al.*, 2007). Actualmente, México es el primer productor a nivel mundial con 1'316,104 toneladas anuales (32.82% del total) y exportador con 347,209 toneladas con un valor de 887.642 millones de dólares, seguido de Brasil y Países Bajos (FAO, 2012).

En México el aguacate es uno de los principales cultivos perennes, ocupa el sexto lugar en cuanto al volumen de producción (FAO, 2012), siendo los principales estados productores: Michoacán, Jalisco, Nayarit Morelos, México, Guerrero y Puebla. La primera entidad en el 2012 contribuyó con el 84.89% de la producción total nacional (SIAP, 2012).

Fisiológicamente el aguacate 'Hass' presenta cuatro floraciones al año que, por la época de aparición son conocidas como: flor loca, flor avanzada, flor normal y flor

marceña (Paz-Vega citado por Salazar-García, 2007). La temporada alta de la cosecha de aguacate se encuentra entre los meses de Octubre a Febrero, abarcando los tipos de flor normal y avanzada. La temporada media se da entre Marzo y Mayo, en ésta se encuentra la flor marceña y finalmente, la temporada baja se presenta en los meses de Junio a Septiembre con la floración marceña y loca (SIAP- SAGARPA. 2007) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Periodos de cosecha del aguacate aunado al tipo de floración.

Tipo de floración	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Normal	█											
Marceña			█									
Loca							█					
Avanzada										█		

3.1.2 'Carmen Hass'

En 1986, en la región sur del valle de Basilia en el municipio de Uruapan, Michoacán, México, se observó un árbol de aguacate distinto en cuanto a la época de floración. Este árbol pertenecía a un huerto de 'Hass' y su morfología resultaba similar a los árboles 'Hass' de los alrededores, en cuanto a sus hojas, estructura de la planta y apariencia de la fruta. Sin embargo, este árbol individual mostró consistentemente un período de floración atípico, en comparación con los árboles adyacentes del 'Hass', lo que resultó en una floración fuera de temporada, con la cosecha coincidente con la época de bajo volumen del 'Hass'; además de presentar características de calidad diferente. El árbol con estas características fue referido como el tipo Méndez. Posteriormente en 1997 se registró en California, Estados Unidos como cultivar Hass Carmen o Carmen Hass, siendo los derechos legales asegurados de acuerdo con el expediente No. Brokaw-36564 (Illsley *et al.*, 2011). A la fecha no hay información sobre el número de hectáreas plantadas con 'Carmen Hass'; sin embargo, se estima una superficie de 5, 000 a 6000 hectáreas en la zona productora de Michoacán (Illsley *et al.*, 2011).

3.2 Maduración

La maduración del fruto es un proceso fisiológico que inicia en la última etapa de crecimiento y termina en la primera etapa de la senescencia. La madurez de consumo del aguacate no coincide con la madurez fisiológica, por lo que el fruto después de ser cosechado debe pasar por un periodo de maduración antes de ser

consumido. La madurez fisiológica en aguacate se define como el estado de desarrollo en el cual se alcanza el mayor crecimiento del fruto (Lee *et al.*, 1983).

El aguacate es un fruto típicamente climatérico: sin embargo, carece de capacidad para madurar en el árbol, lo que se debe a un flujo de los componentes inhibidores de las hojas al fruto (Werman y Neeman, 1987). Durante la maduración ocurren varios cambios, entre ellos, la disminución de la clorofila y carotenoides y un aumento en el contenido de antocianinas en la cáscara (cianidina 3-O-glucósido) (Ashton *et al.*, 2006), lo que da como resultado el cambio de color de la piel de verde a púrpura oscuro (Cox *et al.*, 2004); este cambio ha sido utilizado para la clasificación del aguacates según su grado de madurez (Arzate-Vázquez, 2011). Otros cambios son el aumento en la cantidad de ácidos grasos (Villa-Rodriguez, 2011) y la disminución en la firmeza (López y Cajuste, 1999). Aun no se ha reportado si el grado de madurez con el que se cosecha el aguacate y la frigoconservación tienen un efecto en el contenido de carotenoides en pulpa.

El contenido de materia seca o el contenido de agua que contiene el fruto al ser cosechado, es un indicador del estado fisiológico requerido para el inicio del proceso de maduración, sin embargo después de la cosecha la pérdida de agua y el contenido de ABA estimulan y regulan la maduración (Blakey *et al.*, 2009).

3.3 Índices de madurez

La madurez fisiológica en frutos de aguacate es difícil de identificar ya que no está acompañada de cambios en la apariencia externa. Existen varios métodos estudiados para la determinación del momento óptimo de cosecha, basado en el índice de madurez de fruto, siendo uno de ellos la fluorescencia de la clorofila, propuesto como un método no destructivo y rápido para la determinación. Sin embargo, no existe una correlación significativa entre la fluorescencia y el contenido de aceite, situación que limita su aplicación (Cuevas *et al.*, 2007). Otro método no destructivo es la densidad del fruto, aunque no correlaciona con el contenido de materia seca y por tanto también se aplica con limitantes (Clark, 2007.)

Por lo anterior, a nivel comercial se aplican como índices de madurez, por un lado el contenido de ácidos grasos, siendo el mínimo de 8% para cosechar en California, USA. Otro método es el tiempo después de floración, habiéndose reportado 24 y 26 semanas, según la altitud, para el cultivar semil 34 (Cuevas *et al.*, 2007). Por su parte Lee *et al.* (1983) evaluaron como un índice de madurez el contenido de materia seca, la cual fue altamente correlacionada con el aumento del contenido de aceite. La materia seca promedio al 8% de aceite fue de 19,1% en el 'Fuerte' y de 19,8% en 'Hass'.

3.4 Firmeza

Los cambios en firmeza de los frutos durante la maduración están asociados con la hidrólisis de la protopectina insoluble a pectina soluble y/o por la degradación del

almidón o de las grasas (Pantastico *et al.*, 1979). Diversos estudios han demostrado que en términos de madurez, los consumidores muestran un aumento progresivo en la satisfacción y la intención de comprar aguacates al aumentar la materia seca hasta un máximo de 40% y una firmeza de 6.5 Newtons (N) o por debajo (Gamble, 2010). Según López-López y Cajuste-Bontemps (1999), existe un efecto en la firmeza del aguacate 'Hass' según la época de floración, la firmeza más alta fue en frutos de floración normal (5.62 kgf) comparada con frutos de floración aventurera (3.07 kgf). También se ha reportado (Wang *et al.*, 2012) que el tiempo para alcanzar la madurez de consumo después del almacenamiento en frío (4°C) resultó inversamente proporcional a la duración del mismo.

3.5 Contenido de Aceite

Entre más tiempo esté el fruto en el árbol tendrá mayor contenido de aceite; frutos con menos del 14% de aceite son más susceptibles al frío en postcosecha; frutos con contenido de aceite entre 14 a 20%, son menos sensibles a daños por frío y generalmente se encuentran al final de la temporada de producción (Nieto *et al.*, 2007). Por otro lado, Villa-Rodríguez *et al.* (2011) coincide que durante la maduración del aguacate ocurre un aumento en ácidos grasos monoinsaturados y saturados, mientras que el contenido de ácidos grasos poliinsaturados disminuye. El ácido graso principal identificado es el ácido oleico, con alrededor del 67-70% del contenido total.

3.6 Color

Durante la maduración de los frutos de aguacate, los cambios en color de la piel ocurren de verde a púrpura / negro (Cox *et al.*, 2004). Estos cambios son causados principalmente por la degradación de clorofila y carotenoides y el aumento de la concentración de antocianinas (Ashton *et al.*, 2006). Las causas primordiales de la degradación de la clorofila son los cambios de pH, principalmente como consecuencia de la fuga de ácidos orgánicos al exterior de la vacuola, así como el desarrollo de procesos oxidativos y la acción de las clorofilasas (Wills *et al.* 1984).

El cambio de color en la cáscara del fruto evaluada por López-López y Cajuste-Bontemps (1999) mediante el índice de color (IC = $-10a/b$), durante su maduración fue de IC=50 a IC=0, según la época de cosecha y tipo de almacenamiento.

3.7 Respiración

La respiración puede describirse como la degradación oxidativa de los azúcares y/o ácidos orgánicos, a moléculas como el dióxido de carbono, agua y energía; además de otras moléculas que son utilizadas para las reacciones sintéticas celulares. La velocidad de la respiración de un fruto constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y de su vida comercial (Wills *et al.* 1984). La maduración del fruto de aguacate es asociada con un aumento en la respiración (Bennett *et al.*, 1987)

Para el caso del 'Hass' se han documentado valores al máximo climatérico en función del tipo de floración; de 100 mg kg⁻¹h⁻¹ de CO₂ después de 4 días en frutos de floración normal y de 90 mg kg⁻¹h⁻¹ después de 6 días para frutos de floración aventurera; ambos cosechados a una altura de 1700 msnm. En cambio después del

tratamiento de refrigeración a $5^{\circ} \pm 1$ °C por 28 días, los frutos provenientes de la floración aventurera presentaron un pico climatérico de $152.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ de CO_2 a los 2 días después de la frigoconservación (López-López y Cajuste-Bontemps, 1999)

Maftoonazad, N. y H.S. Ramaswamy (2008) encontraron en frutos de aguacate 'Hass' un pico climatérico de 287, 253 y 186 $\text{ml CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ almacenados a 20, 15 y 10 °C, respectivamente, por 5 semanas, siendo alcanzados después de 6, 12 y 16 días a la temperatura de maduración.

3.8 Frigoconservación

El almacenamiento de los frutos y hortalizas a bajas temperaturas ejerce efectos deseables debido a que frena la actividad respiratoria y el ritmo metabólico, no obstante, las bajas temperaturas no frenan en la misma extensión todos los aspectos del metabolismo. El efecto global es el establecimiento de un desequilibrio metabólico que se traduce en la ausencia de un sustrato esencial, o en la acumulación de productos tóxicos, lo que conducirá a un funcionamiento anormal de las células y, en último término, a la pérdida de la integridad y estructura celular. Las células colapsadas se manifiestan como áreas tisulares de color pardo (Wills *et al.* 1984). El daño por frío puede estar determinado por diversos factores entre ellos; el grado de madurez, tamaño, variedad, época de cosecha, así como el tiempo y temperatura de almacenamiento (Pantastico *et al.*, 1979)

Los síntomas de daño por frío varían de acuerdo con el tejido afectado. El manchado es más evidente en frutas como el limón, el mango, la toronja o el aguacate, en las cuales la cubierta más exterior es más dura y gruesa que las capas adyacentes (Pantastico *et al.*, 1979). El daño por frío en aguacate 'Hass' almacenado en refrigeración, se manifiesta en el mesocarpio y consiste en el oscurecimiento alrededor de los haces vasculares, desarrollo de sabores y aromas desagradables, incapacidad para madurar y mayor susceptibilidad a pudriciones (Bastida y Hunter, 1987).

Donadon *et al* (2012) encontraron que los frutos almacenados a 10 ° C y 15 ° C no muestran síntomas de daños por frío; sin embargo, en los frutos almacenados a 2 ° C los síntomas se hacen evidentes cuando se almacenan por más de 15 días; en los frutos almacenados a 4 ° C ocurre tras 30 días de almacenamiento. Otras investigaciones demuestran que en frutos de los cultivares Chanan y Ching-Jin 2, conforme aumenta el contenido de materia seca al momento de cosecha, resulta mayor la resistencia a los daños por frío, dichos cultivares fueron almacenados a 1 ° C sin presentar daños por frío debido a la aplicación de un pretratamiento por inmersión en agua a 38 °C por 30 min (Jeng, 2007).

3.9 Nutrición y Calidad del fruto

El comportamiento fisiológico del aguacate en postcosecha frecuentemente se encuentra asociado a deficiencias o excesos de nutrimentos (Sánchez y Ramírez, 2000). Las funciones de los elementos esenciales en las plantas varía

considerablemente para cada nutrimento, pero todos ellos tienen al menos un papel esencial en algún proceso fisiológico.

Nitrógeno. Se encuentra en moléculas como las purinas y pirimidinas de los ácidos nucleicos esenciales para la síntesis de proteínas, también en porfirinas de las clorofilas y en los citocromos que son esenciales para la fotosíntesis y respiración; todas las enzimas, dada su naturaleza proteica, contienen N en la porción de la apoenzima. Las plantas superiores, en general tienen la capacidad de asimilar las diversas formas de N inorgánico, principalmente el NH_4^+ el NO_3^- , en los suelos bien aireados el NO_3^- es la principal forma de N aprovechable, el cual debe ser reducido a NH_3 antes de ser asimilado. En cuanto al NH_4^+ absorbido, éste es incorporado inmediatamente en la síntesis de aminoácidos (Alcántar *et al.*, 2009)

Aziz *et al.*, (1975), encontraron que la fertilización nitrogenada en arboles de aguacate 'Fuerte' provocó un aumento muy significativo en el rendimiento del árbol (kg / árbol), un ligero aumento en la media de peso y tamaño de fruto de aguacate y una ligera disminución en el contenido de aceite de la pulpa.

Fósforo. Tiene una función estructural en moléculas y estructuras celulares, como en el caso de los enlaces diéster presentes en los ácidos nucleicos y en los fosfolípidos, los cuales son fundamentales en las estructuras membranosas (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Un nivel debajo de lo normal acelera la senescencia de los frutos al perderse la integridad de la membrana celular (Salazar-García, 2002).

Potasio. Una parte considerable del K total en la planta se presenta como ión libre a nivel de vacuolas y citoplasma, el cual en conjunto con los demás elementos en la solución, genera una presión osmótica que, propicia que el agua de los vasos del xilema, debido al gradiente osmótico, penetre en la célula y origine así la turgencia, siendo ésta una de las principales funciones de K en la planta (Alcántar *et al.*, 2009). En frutos de aguacate niveles por arriba de lo normal incrementa la susceptibilidad a desórdenes fisiológicos (principalmente en pulpa) debido a su relación con Ca y Mg. En caso contrario niveles abajo de lo normal provocan frutos pequeños y susceptibles a la deshidratación y también a desórdenes fisiológicos (Salazar-García, 2002).

Calcio. El pectato de calcio es considerado como un compuesto estructural, ya que es un elemento formativo de la lámina media (Azcón- Bieto y Talón, 2000). En aguacate 'Fuerte', las aplicaciones precosecha de nitrato de calcio al 0.3 y 0.5 % mejoraron la firmeza y redujeron la pérdida de peso de los frutos siendo diferentes al testigo, asimismo, disminuyó la producción de CO₂, etileno y daños por frío (Saucedo-Hernández *et al.*, 2005). También, Thorp *et al.* (1995) encontraron que los frutos con bajas concentraciones de Ca son más proclives al oscurecimiento vascular, en relación a frutos con altas concentraciones de Ca. Además, las

concentraciones de Ca fueron menores en frutos con mayor grado de madurez fisiológica.

Hierro. Ejerce importantes funciones en el metabolismo general de la planta, sobre todo en relación con su intervención en reacciones redox (Gil, 1995). La participación de Fe en la síntesis de clorofila y en el funcionamiento y estructura del cloroplasto, origina que una deficiencia de Fe en las plantas disminuya la concentración de las clorofilas, además de carotenos y xantofilas, lo cual afecta la actividad de transportadores de electrones en los fotosistemas (Alcántar et al., 2009).

Magnesio. Participa como cofactor o activador en muchas reacciones enzimáticas, también interviene en el metabolismo energético de la planta al formar complejos con el ATP. (Azcón- Bieto y Talón, 2000). En cuanto al comportamiento fisiológico del fruto después de cosecha, se ha reportado que frutos de aguacate 'Hass' con mayores contenidos de Mg y Ca presentan un retardo en la maduración (Holfman et al., 2002).

Boro. Se considera como un elemento formativo de las estructuras vegetales, bajo cuya falta no transcurre normalmente la ordenación y el desarrollo completo de varios tejidos. La diferenciación de las células es también restringida por un abastecimiento insuficiente de B (Alcántar *et al.*, 2009). Además, bajo deficiencia de B, el desarrollo de las células del cambium, tejidos de xilema o del floema, resultan afectados (Lovatt, 1985). Se ha demostrado que el boro al igual que otros elementos

como K, N, P son los más demandados en el desarrollo del fruto (Bárcenas *et al.*, 2003)

CAPITULO IV

4. Materiales y Métodos

4.1 Material Vegetal

Para el experimento, en los meses de julio, agosto y septiembre de 2012 se cosecharon frutos con contenidos mayores a 21.5% de materia seca, según

muestreo previo, dichos meses abarcan el periodo de producción de la variedad Carmen Hass. Este periodo de cosecha corresponde a la “Floración Adelantada” del cultivar Hass. La cosecha se realizó de árboles de 5 años de edad, en un huerto comercial ubicado en el municipio de Uruapan, Michoacán, México. Los frutos se trasladaron en rejas de plástico al laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de Postgraduados en Texcoco, Estado de México, en un lapso de 10 horas a temperatura ambiente.

4.2 Tratamientos

Se estudiaron 12 tratamientos que resultaron de la combinación de tres grados de madurez del fruto a la cosecha y cuatro periodos de refrigeración previa a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$. De cada estado de madurez se cosechó un total de 200 frutos de aproximadamente 200g cada uno, de los cuales se seleccionaron 170 eliminando frutos fuera de tamaño y/o con defectos físicos o fitopatológicos. Este total de frutos se dividió en cuatro lotes de 40 frutos cada uno, más otro de 10 frutos utilizados para determinar el grado de madurez (definido por el contenido de materia seca) y análisis nutrimental. De cada lote de 40 frutos, se marcaron 10 frutos para medir velocidad de respiración y producción de etileno, otros 10 frutos para determinar color externo y pérdidas de peso, y los 20 frutos restantes se dejaron para realizar medidas de firmeza de la pulpa, contenido de clorofila total y concentración de carotenoides totales. Los lotes de 40 frutos se almacenaron a las siguientes condiciones o tratamientos: Uno con fines de maduración directa al ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$; $50\pm 5\%$ HR) hasta que se alcanzó la madurez de consumo; los otros tres se almacenaron a

5±1°C y 85±2 % de humedad relativa durante 1, 2 y 3 semanas, respectivamente, tras de lo cual se transfirieron a la temperatura de maduración. Los frutos se acomodaron en rejas de plástico de 45 x 30 cm con superficie de ventilación cercano al 50% para facilitar el flujo de aire en ambas condiciones de almacenamiento.

4.3 Variables medidas

4.3.1 Proceso de maduración

Los frutos de cada tratamiento de refrigeración, posterior al frío se colocaron a 20 ± 2 °C hasta su madurez de consumo, considerada ésta como el momento en que la firmeza de la pulpa alcanza una firmeza de 5 N (Osuna García *et al.*, 2010). Las variables respuesta evaluadas durante la maduración fueron: Velocidad de respiración, producción de etileno, firmeza de la pulpa, contenido de clorofila en cáscara y concentración de carotenoides en pulpa, todas al inicio del almacenamiento y cada dos días hasta alcanzar la madurez de consumo en los frutos almacenados a temperatura de maduración, asimismo, cada dos días hasta alcanzar la madurez de consumo en los frutos transferidos a la temperatura de maduración después de cada tratamiento (periodo de exposición a condiciones de refrigeración). Las variables, pérdida de peso y color externo se evaluaron diariamente en frutos almacenados a temperatura de maduración y en los frutos transferidos a la temperatura de maduración después de cada periodo de exposición a condiciones de refrigeración. Las determinaciones de materia seca y contenido nutrimental sólo se realizaron al inicio del almacenamiento.

Color externo: Se determinó aplicando el índice de color ($IC = -10ab/L$) propuesto por Mateos *et al.* (1988). Para esto se utilizó un colorímetro de reflexión Hunter Lab (Reston Virginia USA, modelo D-25), con el sistema CIELab, que determinó los parámetros adimensionales L^* , a^* , y b^* . Siendo L^* la luminosidad que se define como la proporción de luz transmitida por el objeto y que varía entre 0 (negro) y 100 (blanco). La saturación, o croma que expresa la proporción de contenido cromático y se calcula mediante la función $(a^2 + b^2)^{0.5}$. El Hue o ángulo de tono, que varía entre 0° y 360° (0° =rojo, 90° =amarillo, 180° = verde, 270° =azul) (Mc Guire, 1992); se calculó de acuerdo con Arias *et al.* (2000); cuando los valores $a > 0$ y $b \geq 0$ se utilizó la ecuación $180 + \tan^{-1}(b/a)$, y cuando el valor $a < 0$ se utilizó la ecuación $\tan^{-1}(b/a)$; los resultados se expresaron en grados sexagesimales. Esta variable se midió diariamente en los dos lados opuestos del diámetro ecuatorial de 10 frutos por tratamiento durante el periodo de maduración, obteniendo a su vez la media por fruto.

Pérdidas de Peso (% PP):. Se determinó diariamente en 10 frutos por separado, utilizando una balanza digita (Mettler, modelo EY2200 A), con aproximación de 0.1 g. Para el cálculo de las pérdidas de peso se aplicó la ecuación siguiente:

$$\%pp = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

%pp = Porcentaje de pérdidas de peso

Pi = Peso inicial

Pf = Peso final

Carotenos Totales: El contenido de carotenos totales se determinó por espectrofotometría, en la pulpa de cinco frutos por tratamiento; esta determinación se realizó cada tercer día hasta que se alcanzó la madurez de consumo, aplicando la siguiente metodología.

1. Para la extracción se pesó 15 g de pulpa finamente picada y se colocó en un vial de 40 mL, al cual se le adicionan 15 mL de acetona pura y se dejó reposar por 48 h a 4° C y en oscuridad.
2. Posteriormente la solución acetona-carotenoides se colocó en un embudo de separación, se agregó 20 mL de éter de petróleo en la muestra para lavarla y se transfirió al embudo, también se adicionó 100 mL de agua y se dejó reposar por 10 minutos.
3. De las 2 fases formadas se desechó la capa inferior y se repitió la operación dos veces más, para obtener la mezcla éter de petróleo-carotenos
4. A esta última se le adicionan 10 mL de NaOH al 40% lavando posteriormente 4 veces con agua destilada para eliminar el hidróxido de sodio.
5. Enseguida se lavó con 10 mL de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y se filtró con algodón.

6. Se midió el volumen de la mezcla éter de petróleo-carotenos y se realizó la lectura en espectrofotómetro a 454 nm.

7. Para los cálculos se substituyó la absorbancia en la ecuación obtenida de la siguiente curva estándar de carotenoides.

CURVA ESTÁNDAR DE CAROTENOIDES

Preparación de la solución madre

1. Se pesaron 2 mg de carotenos reactivo químico (Sigma) y se disolvió en 100mL de éter de petróleo para obtener una concentración de 2 mg/100mL.

2. Se realizaron 9 diluciones (Cuadro 2) a partir de la solución madre y se midió en cada una su absorbancia para obtener la curva estándar (Figura 1).

Cuadro 2. Preparación de las diluciones para la curva estándar de carotenos.

No	mL Tomados de la solución madre	mL de Éter de Petróleo	Concentración (mg/100mL)	Absorbancia 454 nm
1	0	50	0	0
2	1	99	0.02	0.06
3	2	98	0.04	0.126
4	3	97	0.06	0.183
5	4	96	0.08	0.26
6	5	95	0.1	0.35
7	6	94	0.12	0.416

8	7	93	0.14	0.522
9	8	92	0.16	0.598
10	9	91	0.18	0.68

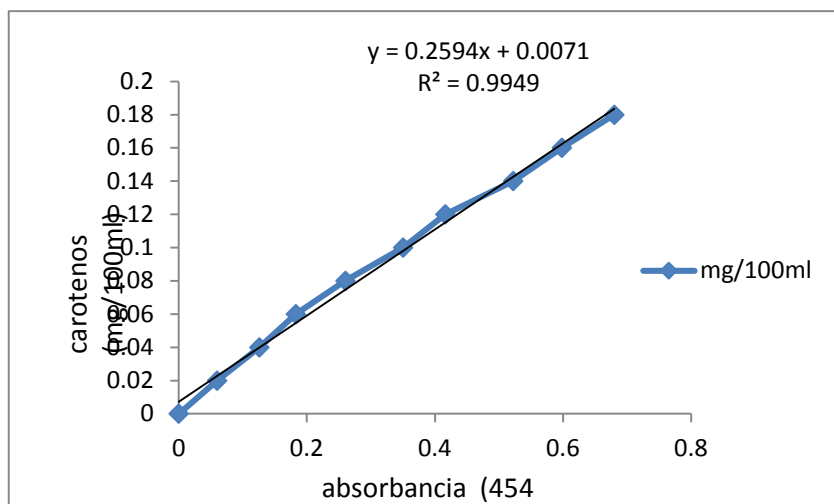


Figura 1. Curva estándar de carotenos.

La ecuación resultante fue la siguiente; $Y = mx + b$, $Y = 0.2594x + 0.0071$

Donde $Y =$ carotenos (mg/100 ml), $x =$ absorbancia (454 nm)

Contenido de materia seca: La determinación del contenido de materia seca se determinó, en cada época de cosecha, al inicio del experimento en una muestra de 10 g de pulpa y en un total de 10 frutos. Se utilizó el método descrito en la norma NMX-FF-016-SCFI-2006. El cálculo el porcentaje de materia seca se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca} = (\text{Peso seco} / \text{Peso fresco}) \times 100$$

Firmeza de la pulpa: Se determinó mediante un Texturómetro Chatillón (Wagner, modelo FDV-30) adaptado con un puntal cónico de 5 mm. Se midió al inicio del experimento y posteriormente cada dos días hasta que los frutos alcanzaron la madurez de consumo a $20\pm 2^{\circ}$ C. Para la determinación se eliminó el exocarpio en ambos lados de la región ecuatorial, y se considera como repetición al valor promedio de las dos lecturas de cada fruto, reportando los datos en newtons (N).

Cuantificación de clorofila: Se midió el contenido de clorofila mediante electroforesis (SPA) y extracción química mediante el método AOAC (1990). Para la extracción se tomó una muestra (0.5 g) del exocarpio del aguacate, se picó finamente la muestra y se transfirió a un vial de 20 mL., se adicionó 10 mL de acetona al 80%, se tapó y se dejó en reposo por 48 h en refrigeración y oscuridad; posteriormente se adicionó carbonato de sodio para aumentar pH y filtrar, finalmente se aforó a 20 mL con acetona (80%).

Para la cuantificación y cálculos se determinó la absorbancia a 645 y 663 nm, utilizando acetona al 80% como blanco. Para obtener la concentración de clorofila se aplicaron las siguientes ecuaciones:

Concentración de clorofila:

$$\text{Clorofila total (mg L}^{-1}\text{)} = 8.2(A_{663}) + 20.2(A_{645})$$

$$\text{Clorofila a (mg L}^{-1}\text{)} = 12.7(A_{663}) - 2.59(A_{645})$$

$$\text{Clorofila b (mg L}^{-1}\text{)} = 22.9(A_{645}) - 4.68(A_{663})$$

Contenido de clorofila en la muestra:

$$\text{mg / 100 g)} = \frac{C \times V \times 100}{\text{mg / 100 g)}$$

$$1000 \times P$$

C = Concentración (mg L⁻¹)

V = Volumen aforado (mL)

P = Peso de la muestra (g)

1000 = Factor de conversión de mg L⁻¹ a mg mL⁻¹

Intensidad respiratoria y producción de etileno: Para cuantificar el etileno y CO₂ desprendido por los frutos durante la maduración a 20±2° C, se utilizó el sistema estático propuesto por Saltveit y Sharaf (1992). En cinco recipientes de 2100 mL cada uno, se colocaron dos frutos previamente pesados y se encerraron herméticamente durante una hora. Posteriormente se tomó 1 mL del aire del espacio de cabeza y se inyectó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo 5990 II, equipado con columna capilar Poraplot Q. Las temperaturas de operación fueron de 150°C en la columna (inyector inlet), 170°C en el Detector A o TCD (Detector de conductividad Térmica), 170°C en el Detector B o FID (Detector de Ionización de Flama) y 80°C en el horno.

Para determinar la velocidad de respiración se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$mL \text{ de } CO_2 (Kg - h)^{-1} = \frac{(Am)(Ce)(Vr - Vf)}{(Ae)(Pf)(Tr)(1000)}$$

$$\mu L \text{ de } C_2 H_4 (Kg - h)^{-1} = \frac{(Am)(Ce)(Vr - Vf)}{(Ae)(Pf)(Tr)}$$

Am= Área de la muestra (área de la muestra - área del blanco)

Ce = Concentración del estándar (μL/L)

Vr= Volumen total del recipiente

Vf= Volumen desplazado por el fruto

Ae= Área del estándar

Pf= Peso del fruto

Tr=Tiempo de respiración (horas)

Estas determinaciones se realizaron cada tercer día durante el periodo de maduración. La velocidad de respiración se reportó como mL CO₂ /kg-h y la producción de etileno como µL C₂H₄/kg-h.

4.3.2 Estado nutrimental

El contenido de nutrimento de los frutos se determinó al momento de cosecha en los tres estados de madurez fisiológica, utilizando un total de 10 frutos. Se determinó en el mesocarpio (pulpa) y exocarpio (cascara), para lo cual muestras de 10 g de ambos tejidos se coloraron en charolas de aluminio, las cuales se introdujeron en una estufa Lab-line Imperial 5 (3488M USA.), con aire forzado por 48 horas a una temperatura de 70 ± 5 °C, hasta obtener un peso constante. Las muestras secas se pesaron y molieron con un molino de acero inoxidable Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10, USA.) con tamiz calibre 40.

Los elementos P, K, Ca, Mg y Fe se determinaron a partir del extracto proveniente de la digestión de la muestra (0.5 g de materia seca) con una mezcla ácida de HNO₃ y HClO₄ relación 2:1, respectivamente. Por colorimetría del complejo fosfovanadomolibdato se determinó la concentración de P de acuerdo con la norma de la

AOAC (1980), las lecturas se realizaron a 470 nm con ayuda de un espectrofotómetro Bausch & Lomb® modelo Spectronic 20. De acuerdo con la norma (AOAC, 1990) se determinó la concentración de K, Ca, Mg y Fe en un espectrofotómetro de absorción atómica GBC® modelo Savanta.

Con los resultados se calculó la relación (K+Mg)/ Ca y K/Ca, en cada muestra analizada.

4.4 Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Por la forma en la que se realizó el experimento se consideró un diseño experimental en bloques aleatorios generalizado; donde los factores de bloqueo fueron los diferentes contenidos de materia seca (22.6%,24.6% y 27.9%) y los tratamientos fueron 0, 1, 2 y 3 semanas de refrigeración. Las variables de respuesta (Velocidad de respiración, producción de etileno, firmeza de la pulpa, contenido de clorofila en cáscara, concentración de carotenoides en pulpa, pérdida de peso y color externo) se evaluaron durante la maduración. Se analizó el comportamiento de cada variable de respuesta a través del tiempo, es decir se utilizó un análisis longitudinal donde se comparó el perfil de maduración por tratamiento en cada factor de bloqueo. Definido como perfil de maduración al comportamiento de la variable de respuesta en cada tratamiento desde la madurez fisiológica a la madurez de consumo. Se utilizó el ajuste de Bonferroni ($\alpha=0.05$) para detectar diferencia significativa entre tratamientos. Adicionalmente para las variables, contenido de clorofila en cáscara, concentración de carotenoides en pulpa y color externo, se realizó una comparación de medias, por el método de Tukey ($\alpha = 0.05$), al alcanzar el fruto la madurez de consumo

(equivalente a una firmeza de 5N) para comparar el efecto de los diferentes periodos de refrigeración. También se realizó una comparación de medias por método de Tukey ($\alpha = 0.05$), en las pérdidas de peso al terminar los tratamientos de refrigeración.

Para el análisis de concentración nutrimental en los frutos al momento de corte se consideró un diseño completamente al azar con diez repeticiones y la unidad experimental constó de un fruto. Se realizó pruebas de normalidad, varianzas homogéneas, análisis de varianza y comparación de medias con pruebas de Tukey ($\alpha = 0.05$).

CAPITULO V

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Grado de madurez

El contenido de materia seca de los frutos cosechados en los meses de julio, agosto y septiembre fue de 22.6, 24.6 y 27.9%, respectivamente (Cuadro 3). Estos resultados cumplen con las especificaciones descritas en la norma NMX-FF-016-SCFI-2006, la cual considera el 21.5% en contenido de materia seca como el mínimo aceptable para la autorización de corte y proceso; en tanto que, de acuerdo con Lee et al. (1983), con fines de sabor, un grado de madurez con 22.8% de materia seca,

correspondiente a 11.2% de aceite, resulta más aceptable. De acuerdo a la correlación entre contenido de materia seca y contenido de aceite propuesta por Lee *et al.* (1983), para aguacate 'Hass' desarrollado en Escondido, California, USA, el contenido de aceite de los frutos estudiados resultarían en 11.8, 13.8 y 17.0 % siendo este contenido superior al mínimo aceptable con fines de sabor (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenidos de materia seca y aceite en la pulpa de aguacate según la época de corte.

Época de corte	% MS	%Aceite*
Julio	22.6	11.8
Agosto	24.6	13.8
Septiembre	27.9	17.0

*Calculado en base a la ecuación $\%MS=10.67+1.01 (\% \text{ aceite})$.

(Lee *et al.*, 1983).

5.2 Estado Nutrimental

En cuanto al análisis nutrimental, los datos presentaron varianzas homogéneas y cuando no se mostró una distribución normal se realizó una transformación de datos (raíz cuadrada). Las concentraciones de los nutrimentos fueron analizadas según el tejido y grado de madurez con el que se cosecho el fruto. En el mesocarpio (pulpa) no hubo diferencias significativas para los elementos P y Fe, no así para K, Ca y Mg. El K fue significativamente mayor en la segunda cosecha, respecto a la tercera, Ca resultó mayor en los frutos de la primera cosecha, en relación a la tercera, en tanto que para Mg los frutos de la primera cosecha fueron mayores respecto a la segunda y tercera. Las relaciones $K+Mg/Ca$ y K/Ca , fueron estadísticamente diferentes siendo

mayores en los frutos de la tercera cosecha, en relación a la primera (Cuadro 4). Para el caso del exocarpio (cáscara), no se presentaron diferencias significativas en las concentraciones de Mg, Ca y K/Ca en los tres niveles de materia seca. Respecto a los demás elementos, K, P y Fe fueron significativamente mayores, en tanto que la relación K+Mg/Ca resultó mayor en la tercera cosecha, con relación a la primera (Cuadro 4). Considerando ambos tejidos (pericarpio), no se muestran diferencias en las concentraciones de K entre cosechas; diferencias estadísticas se presentaron en P siendo mayor en la tercera respecto a la segunda, Ca mayor en la primera con relación a las otras dos, Mg mayor en la primera respecto a la tercera y Fe fue mayor en los frutos de la primera y tercera cosecha. Las relaciones K+Mg /Ca y K/Ca fueron estadísticamente mayores en los frutos de la tercera cosecha, con relación a la primera, aunque con una tendencia a incrementarse conforme aumentó el grado de madurez (Cuadro 4). De acuerdo con Thorp *et al.* (1995), los contenidos de K, Ca y Mg se ubican entre 1126-1608, 25-47 y 91-113 mg 100g⁻¹ de peso seco, respectivamente, para el cultivar Hass al momento de cosecha. Los valores obtenidos para 'Carmen Hass' resultaron mayores, a nivel pericarpio, en el caso de K y Mg. Por su parte Salazar-García *et al.* (2011), reporta contenidos de 0.480, 2.91, 0.17, 0.24 g 100g⁻¹ y 58.7 mg kg⁻¹ de peso seco para P, K, Ca, Mg y Fe, respectivamente en el pericarpio (epidermis + pulpa) de frutos de aguacate 'Hass', resultando en este caso mayores las concentraciones de Ca y P, con relación a los encontrados en el presente trabajo para el 'Carmen Hass'; todo lo cual sugiere diferencias en la absorción de nutrientes entre los cultivares Carmen Hass y Hass,

sin considerar a otros factores que inciden en el mecanismo de absorción de elementos minerales..

Cuadro 4. Concentración nutrimental en tejidos de frutos de aguacate 'Carmen Hass' en base a peso seco, con distintos grados de madurez al momento de cosecha.

Grado de madurez (%MS)	Mg·g ⁻¹				Fe(ppm)	K+Mg/Ca	K/Ca
	K	P	Ca	Mg			
PULPA							
22.6	20.46 ab	0.96 a	0.23 a	2.18 a	35.83 a	98.43 b	88.95 b
24.6	21.83 a	0.98a	0.14 ab	1.55 b	34.20 a	167.00 ab	155.92 ab
27.9	17.88 b	1.15 a	0.08 b	1.17 b	38.83 a	238.12 a	223.50 a
CASCARA							
22.6	11.08 a	0.81 a	0.19 a	1.75 a	36.00 a	67.5 b	58.31 a
24.6	7.98 b	0.67 b	0.13 a	1.56 a	19.00 b	73.38ab	61.38 a
27.9	10.32 ab	0.80 a	0.12 a	1.43 a	30.50 a	96.31 a	84.59 a
PULPA + CASCARA							
22.6	31.54 a	1.77 ab	0.42 a	3.93 a	71.83 a	84.45 b	75.09 b
24.6	29.81 a	1.65 b	0.28 b	3.11 ab	53.20 b	121.92 ab	110.40 ab
27.9	28.20 a	1.95 a	0.20 b	2.60 b	69.33 a	152.47 a	139.60 a

Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05)

5.3 Firmeza del fruto

Al momento de cosecha, la firmeza de la pulpa resultó menor en los frutos cosechados en el mes de julio con un contenido de materia seca de 22.6% que en los cosechados en los meses de agosto y septiembre con 24.6 y 27.9%, respectivamente. Durante el periodo de maduración a 20±2° C, la firmeza del fruto cosechados en las tres fechas disminuyó en una menor velocidad en los frutos cosechados en el mes de julio, alcanzando una firmeza de 5 N, correspondiente a la madurez de consumo, en un periodo de 10.5 días, versus 7.5 días para los frutos cosechados en el mes de agosto y septiembre (Figura 2-A). Holfman et al. (2002),

han reportado que frutos de aguacate 'Hass' con altos contenidos de Ca, Mg y alta relación Ca+Mg/K, presentan un retardo en la maduración.

La maduración del fruto previamente almacenado a una temperatura de $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ mostró que, el fruto de la primera cosecha almacenado por una semana, presentó un perfil de firmeza con retrasos significativos de la maduración a 20°C , requiriendo 7.5 días para alcanzar la madurez de consumo, que es cuando la firmeza del fruto es de 5 N, respecto a los almacenados por dos y tres semanas que requirieron de 3.5 días para alcanzar la misma firmeza (Figura 2-B). Los frutos de la segunda cosecha (24.6% MS) almacenados por una semana a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, presentaron un perfil de firmeza significativamente más lento, requiriendo de 5.5 días para alcanzar 5 N, respecto al perfil de 3 semanas (2 días), sin embargo no se observó diferencias respecto al perfil de los frutos de dos semanas, los cuales alcanzaron una firmeza de 5 N en 3.5 días (Figura 2-C). Los frutos de la tercera cosecha (27.9% MS) presentaron un comportamiento de perfiles de firmeza similares a los de la segunda cosecha, en cuyo caso los frutos almacenados por 1 semana a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ requirieron de 5 días para alcanzar la firmeza de 5 N, en tanto que los correspondientes a 2 y 3 semanas de refrigeración necesitaron de 3 días (Figura 2-D). Se ha reportado (Wang *et al.*, 2012) que en aguacate 'Hass' el tiempo para alcanzar la madurez de consumo después almacenamiento en frío (4°C) resultó inversamente proporcional a la duración del mismo; Zauberman y Jobin-Decor (1995) indican que a mayor grado de madurez del fruto de aguacate 'Hass' al momento de cosecha, el tiempo para alcanzar la madurez de consumo disminuye. Así los frutos cosechados con 23.3% de MS maduraron en

13 días a 22° C, en tanto aquellos con 27.9% maduraron en 8 días. Lo anterior permite asumir un comportamiento similar con lo reportado en esta investigación.

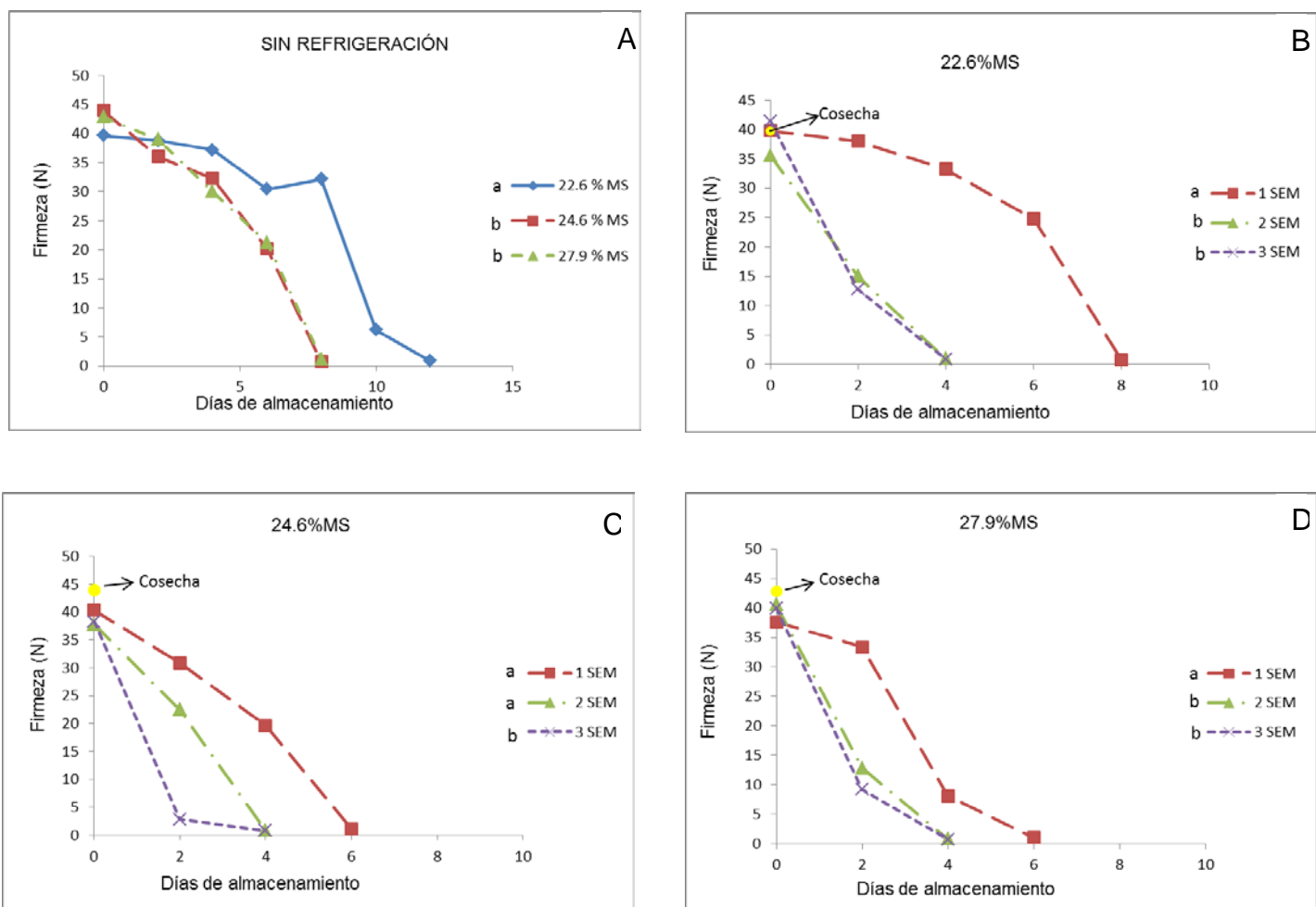


Figura 2. Comportamiento de la firmeza del fruto durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\pm 5\%$ H.R. A) Sin recibir refrigeración, B) Con tratamientos de refrigeración y con 22.6% MS, C) Con tratamientos de refrigeración y con 24.6% MS, D) Con tratamientos de refrigeración y con 27.9% MS. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

5.4 Pérdida de peso

Durante la maduración directa a $20\pm 2^{\circ}$ C los frutos de los tres grados de madurez incrementaron las pérdidas de peso, alcanzando a la madurez de consumo (5 N) un total de 10% (10.5 días) en los frutos cosechados con 22.6% MS, 8.0% (7.5 días) en los de 24.6% MS, y 7.4% (7.5 días) en los de 27.9% MS; siendo los frutos del grado de madurez con 24.6% MS los que de manera significativa, presentaron el perfil con mayor velocidad de pérdida de peso con 1.0% por día (Figura 3-A). De acuerdo con López-López y Cajuste-Bontemps (1999) las pérdidas de peso en frutos del 'Hass' de floración aventurera madurados a 23° C, se sitúan en 8.13% a los siete días, lo que coincide con los frutos cosechados con 24.6 y 27.9% de MS; por su parte, Osuna-García *et al.* (2010) reportan que frutos de aguacate 'Hass' con bajos contenidos de materia seca (20.5%) tienden a presentar mayores pérdidas de peso, lo que explica el comportamiento de los frutos cosechados con 22.6% MS.

Respecto a los frutos almacenados a $5\pm 1^{\circ}$ C. las pérdidas de peso a la salida de la refrigeración dependieron del grado de madurez y del tiempo de almacenamiento; para el caso de frutos cosechados con 22.6% MS, no se pudo analizar los datos por un error en la medición, los frutos cosechados con 24.6% MS presentaron pérdidas de 1.4%, significativamente menores a las encontradas por frutos cosechados con 27.9% MS (1.7%) (Cuadro 7). Las pérdidas de peso en función del tiempo de refrigeración mostraron que los frutos cosechados con 24.6 Y 27.9% MS por una semana alcanzaron a la salida de refrigeración pérdidas de peso de 0.89%, siendo menor respecto a los frutos almacenados por dos semanas (1.4%) y tres semanas

(2.46%) (Cuadro 6). La interacción de ambos factores muestra que los frutos con mayor contenido de materia seca y con periodo mayor de refrigeración presentaron las mayores pérdidas de peso (2.572 %) (Cuadro 8). Se ha reportado (Osuna-García *et al.*, 2010) que en aguacate 'Hass' cosechados en el mes de octubre y almacenados por 1 semana a 6 ± 1 °C, presentaron al final del periodo de refrigeración pérdidas de peso de 2.6 %, lo que coincide con las obtenidas por los frutos almacenados por 3 semanas con 27.9% MS.

Durante la maduración a 20 ± 2 °C posterior a la frigoconservación mostró que, los frutos cosechados con 24.6% MS almacenados por una y dos semanas a 5 ± 1 ° C, presentó un perfil de pérdidas de peso significativamente menor al perfil de 3 semanas, con una velocidad de pérdida de peso de 1.27, 1.34 y 2.7 (%/día) respectivamente; los frutos de una y dos semanas de refrigeración alcanzaron a la madurez de consumo (5 N) pérdidas de peso de 7 y 4.7 % respectivamente en tanto que frutos de 3 semanas de refrigeración mostraron pérdidas de 5.4%, influyendo en este caso la menor vida de anaquel, evaluada por la firmeza de la pulpa (5 N), de los frutos almacenados por dos y tres semanas (Figura 3-B). Los frutos cosechados con 27.9% de MS almacenados por una, dos y tres semanas a 5 ± 1 ° C, mostraron un perfil de pérdidas de peso similar con velocidad de 1.3, 1.7 y 2.26 (%/día), en el mismo orden; alcanzándose a la madurez de consumo (5N) un total de 6.5 y 5.1% de pérdidas en los frutos almacenados por una y dos semanas, y de 6.8% en los correspondientes a 3 semanas (figura 3-C). Valores de 5.7 a 7.0% de pérdidas de peso en frutos de aguacate 'Hass' expuestos a condiciones de maduración por 3 a 5

días tras un periodo de refrigeración de una semana a 6° C, han sido reportados por Osuna *et al.* (2010), resultado que manifiesta un comportamiento similar con las pérdidas obtenidas en los frutos almacenados por una semana en aguacate ‘Carmen Hass’

Cuadro 5. Pérdida de peso (%) en frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ al finalizar el Tratamiento de refrigeración.

Tratamiento	% Pérdida de peso
3 semana de refrigeración	2.46 a
2 semanas de refrigeración	1.40 b
1 semanas de refrigeración	0.89 c

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con $n = 20$.

Cuadro 6. Pérdida de peso (%) en frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ según el porcentaje de materia seca con el que fue cosechado.

%MS	% Pérdida de peso
27.9	1.74 a
24.6	1.43 b

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con $n = 30$.

Cuadro 7. Pérdida de peso (%) en frutos de aguacate ‘Carmen Hass’, interacción % materia seca y tiempo de refrigeración.

Interacción (%MS x tiempo de refrigeración.)	% Pérdida de peso
27.9, 3 semanas	2.57 a
24.6, 3 semanas	2.36 a
27.9, 2 semanas	1.69 b
24.6, 2 semanas	1.12 c
27.9, 1 semana	0.96 c
24.6, 1 semana	0.833 c

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con $n = 20$.

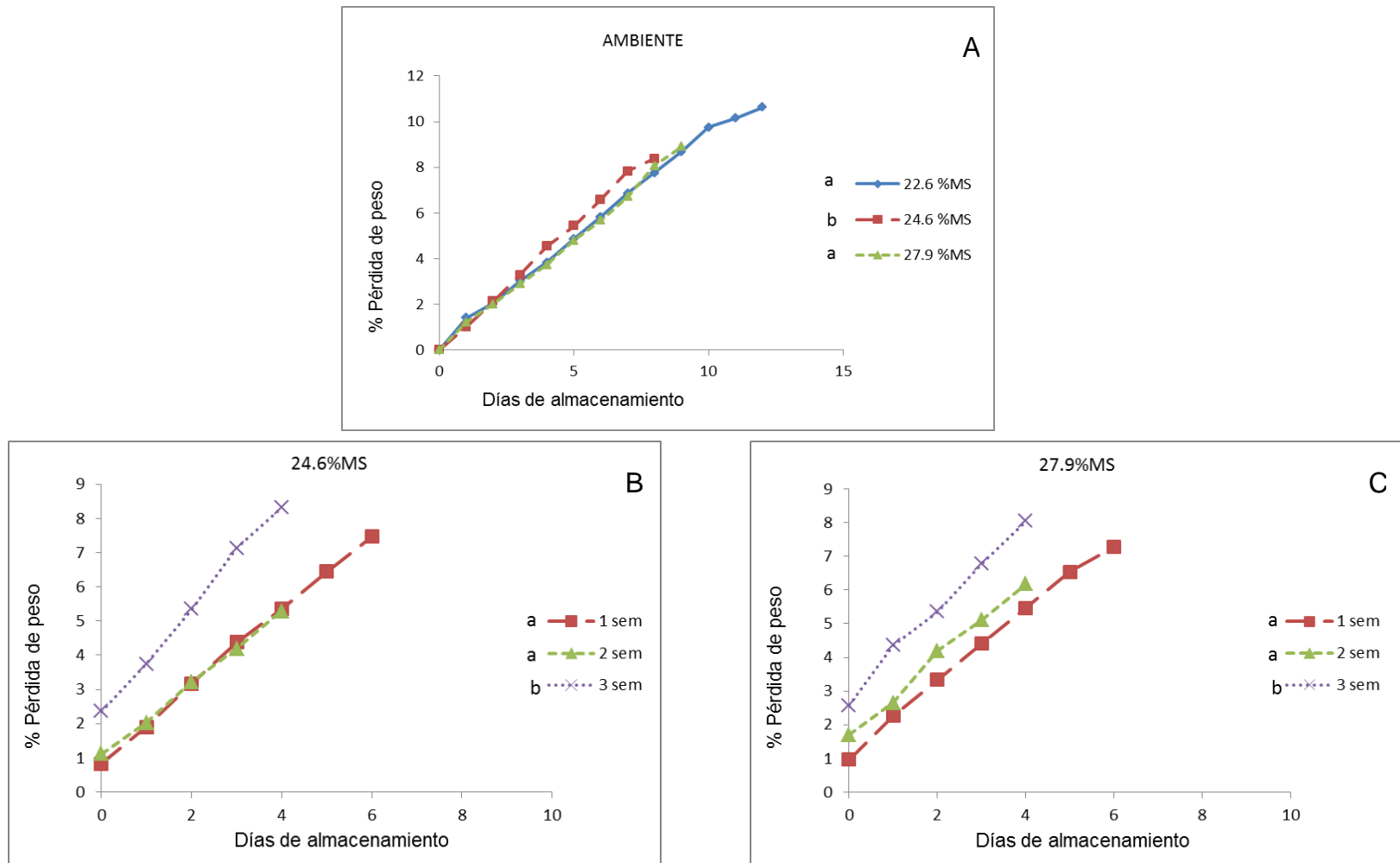


Figura 3. Comportamiento de la pérdida de peso de frutos durante la maduración a $20\pm 2^\circ\text{C}$ y $50\pm 5\%$ H.R. A) Sin recibir refrigeración, B) Con tratamientos de refrigeración y con 24.6% MS, C) Con tratamientos de refrigeración y con 27% MS. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

5.5 Color externo

Durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C, los frutos de los tres grados de madurez presentaron un perfil de índice de maduración (IC) con tendencia a la disminución y con diferencias significativas entre los mismos (Figura 4-A). En este sentido, los frutos con 22.6% MS cambiaron de IC=28.6 al momento de cosecha a IC=11.2 al alcanzar la madurez de consumo (5N), mientras que los frutos con 24.6 % MS evolucionaron de IC=20.5 al momento de cosecha hasta IC=0.5 al llegar a la madurez de consumo; los frutos con 27.9% MS iniciaron con IC=34.1 y alcanzaron IC=10.9 en la madurez de consumo (figura 4-A). López-López y Cajuste-Bontemps (1999) encontraron valores de índice de color en la cáscara de frutos de aguacate 'Hass' de IC=50 a IC=0 conforme avanzó la maduración, lo que permite asumir que los valores obtenidos se encuentran en el rango reportado por estos investigadores. El cálculo de los parámetros luminosidad (L^*), croma o índice de saturación (C^*) ángulo de tono ($^{\circ}h^*$), mostraron que la disminución del IC se relacionó con un aumento en $^{\circ}h^*$, en cuyo caso los frutos cosechados con 22.6% MS cambiaron de 123.3° al momento de cosecha hasta 132.7° al alcanzar la madurez de consumo; en tanto que los frutos con 24.6% MS evolucionaron desde un ángulo de tono de 130.8° C al momento de cosecha hasta 172.9° en la madurez de consumo; por su parte los frutos con 27.9% MS presentaron ángulos de 127.6° hasta 136.6° al momento de cosecha y madurez de consumo respectivamente (figura 4-C y cuadro 9). Ashton *et al.* (2006) encontró que en frutos de aguacate 'Hass' el $^{\circ}h^*$ cambia de 125° a 250° (tonalidad verde a púrpura) durante la maduración, lo que de acuerdo con los

resultados obtenidos los frutos de 'Carmen Hass' no alcanzan la tonalidad púrpura profundo típica de 'Hass' al madurar, mostrando aún tonalidad verde.

Por otro lado, los perfiles del valor L* y el C* tendieron a disminuir durante la maduración, con diferencias estadísticas entre los grados de madurez (Figuras 4-B, D). El valor de L* disminuyó de 26.4 (22.6% MS), 25.9 (24.6% MS) y 27.5 (27.9% MS) al momento de cosecha, hasta 25.5, 22.6 y 21.9, respectivamente, en la madurez de consumo (figura 4-B). Con relación a esta variable, Ashton *et al.* (2006) reporta una disminución de 40.0 a 27.0 durante la maduración de aguacate 'Hass', lo que indica que la luminosidad de los frutos de 'Carmen Hass' es menos drástica y coincide con la obtención de un color menos obscuro respecto al típico de 'Hass'. En cuanto al C*, el perfil de cada grado de madurez tendió a la disminución, con diferencias significativas entre los mismos (Figura 4-D). Durante la maduración, el C* de los frutos cambió de 12.5 (22.6% MS), 10.1 (24.6% MS) y 13.7 (27.9% MS) a 7.8, 1.8 y 6.2, en el mismo orden (Figura 4-D). Valores de croma de 15 a 3, han sido reportados por Ashton *et al.* (2006), lo que indica que los valores de 'Carmen Hass' evolucionan de manera similar.

Cuadro 8. Componentes del color externo de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ al momento de cosecha y a la madurez de consumo (5 N), con maduración directa a 20±2° C.

%Materia seca	Índice de color		Luminosidad		Croma		Ángulo Hue	
	Cosecha	Madurez	Cosecha	Madurez	Cosecha	Madurez	Cosecha	Madurez
22.6	28.6 ab	11.2 a	26.4 a	25.5 a	12.5 a	7.8 a	123.3 b	132.7 b
24.6	20.5 b	0.5 b	25.9 a	22.6 b	10.1 b	1.8 b	130.8 a	172.9 a
27.9	34.1 a	10.9 a	27.5 a	21.9 b	13.7 a	6.2 a	127.6 a	136.6 b

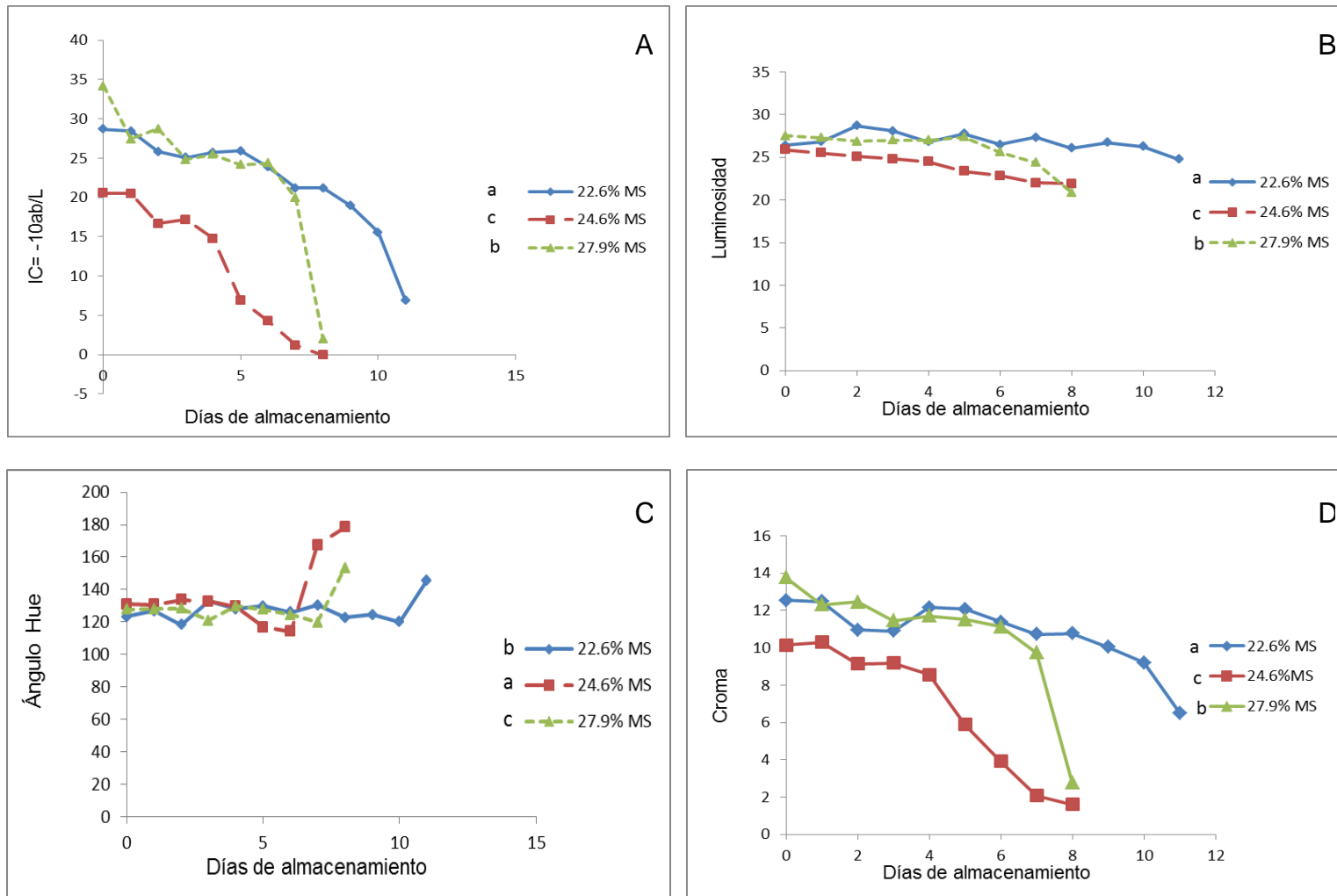


Figura 4. Comportamiento de los componentes de color externo de frutos madurados directamente a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\pm 5\%$ H.R. A) Índice de color B) Luminosidad C) Ángulo Hue D) Cromo. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

La maduración a 20 ± 2 °C de los frutos almacenados por 1, 2 y 3 semanas a 5 ± 1 ° C presentaron un perfil de índice de color, luminosidad y croma con tendencia a la disminución en cada grado de madurez, observándose diferencias significativas entre los dichos perfiles (Figuras 6, 7 y 8). El perfil del IC en frutos cosechados con 22.6% MS (figura 6-A), evolucionó hasta alcanzar valores de IC = 4.5 (1 semana), IC=0 (2 semanas) y IC=4.6 (3 semanas) al alcanzar la madurez de consumo (5N). Por su parte, el valor de L^* (figura 6-B) disminuyó alcanzando en la madurez de consumo 25.6 (1 semana), 21.8 (2 semanas) y 21.0 (3 semanas); el croma disminuyó en la madurez de consumo hasta $C^*= 7.1$ en los frutos refrigerados por 1 semana, así como $C^*= 2.9$ y $C^*= 5.5$ para 2 y 3 semanas (figura 6-D). Respecto al ángulo de tono ($^{\circ}h^*$) los perfiles de los frutos durante la maduración a 20 ± 2 °C, tras 1, 2, y 3 de almacenamiento a 5 ± 1 ° C, tendieron a incrementarse con diferencias significativas (Figuras 6-C); alcanzando en la madurez de consumo valores de 167.0° (1 semana), 183.8° (2 semanas) y 173.9° (3 semanas). En el caso de los frutos cosechados con 24.6% MS, en la madurez de consumo el IC fue de 1.6, 8.8 y 1.0 para frutos refrigerados por 1, 2 y 3 semanas, respectivamente (figura 7-A). El valor de L^* disminuyó a $L^*=22.6$ (1 semana), $L^*=22.9$ (2 semanas) y $L^*=21.6$ (3 semanas) al alcanzar la madurez de consumo (figura 7-B), en cuanto el valor de croma, los frutos con 1 y 3 semanas de refrigeración presentan valores de $C^*= 2.9$ y $C^*= 2.0$ (figura 7-D), los frutos con 2 semanas de refrigeración presentaron $C^*= 6.2$ (Cuadro 5.5.3). Los frutos cosechados con 27.9% y almacenados por 1 semana, presentan durante la maduración un perfil de índice de color, luminosidad y croma con disminución significativamente más lenta respecto a perfil de frutos almacenados

por 2 y 3 semanas (Figura 8) Al alcanzar la madurez de consumo los frutos con 1 semana de refrigeración presentan valores de $IC = 4.4$, $L^* = 21.4$, $C^* = 3.6$ y $h^* = 181.7$ en tanto que frutos con 2 semanas muestran un $IC = 3.7$, $L^* = 21.6$, $C^* = 5.0$ y $h^* = 113.4$, por su parte los frutos con 3 semanas de refrigeración evolucionaron hasta $IC = 3.1$, $L^* = 20.6$, $C^* = 4.3$ y $h^* = 158.3$ (figura 8 y cuadro 12). Es de señalar que el ángulo de tono ($^{\circ}h^*$) en los tres grados de madurez, tendió a incrementarse conforme se prolongó el tiempo de almacenamiento (Cuadros 10,11 y 12), lo que se relacionó con la presencia de manchado externo debido a daños por frío; en este sentido, Dixon *et al.* (2008) ha reportado que en frutos de aguacate 'Hass' la severidad de daños por frío es dependiente de la temperatura, tiempo de almacenamiento y época de cosecha, en esta investigación la proporción de superficie manchada del exocarpio aumentó al extender el periodo de refrigeración de una a tres semanas (Figura 5).






















COSECHA	1 Semana	2 Semanas		3 Semanas		
22.6 % MS	SALIDA	MADUREZ	SALIDA	MADUREZ	SALIDA	MADUREZ
						
COSECHA	1 Semana	2 Semanas		3 Semanas		
24.6 % MS	SALIDA	MADUREZ	SALIDA	MADUREZ	SALIDA	MADUREZ
						
COSECHA	1 Semana	2 Semanas		3 Semanas		
27.9 % MS	SALIDA	MADUREZ	SALIDA	MADUREZ	SALIDA	MADUREZ
						

Figura 5. Cambios de color en el exocarpio de los frutos después de 1, 2 y 3 semanas de refrigeración y al alcanzar la madurez de consumo.

Cuadro 9. Componentes de color externo de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ con 22.6% MS, al momento de cosecha, la salida de cada periodo de refrigeración y a la madurez de consumo.

Refrigeración	Índice de color			Luminosidad			Croma			Ángulo Hue (°)		
	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez
1 semana	28.6	32.3 a	4.5 a	26.4	27.6 a	25.6 a	12.5	13.6 a	7.1 a	123	131.7 a	167.0 a
2 semanas	28.6	28.6 a	0.0 b	26.4	27.8 a	21.8 b	12.5	11.6 a	2.9 b	123	130.2 ab	183.8 a
3 semanas	28.6	33.8 a	4.6 a	26.4	27.8 a	21.0 b	12.5	13.7 a	5.5 ab	123	129.1 b	187.7 a

Medias con letras iguales de cada columna no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

Cuadro 10. Componentes de color Externo de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ con 24.6% MS, al momento de cosecha, la salida de cada periodo de refrigeración y a la madurez de consumo.

Refrigeración	Índice de color			Luminosidad			Croma			Ángulo Hue		
	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez
1 semana	20.5	23.5 a	1.6 b	25.9	28.6 a	22.6 a	10.1	11.4 a	2.9 b	130	141.0 a	158.2 b
2 semanas	20.5	27.5 a	8.8 a	25.9	28.4 a	22.9 a	10.1	12.1 a	6.2 a	130	127.6 a	170.6 ab
3 semanas	20.5	28.2 a	1.0 b	25.9	27.9 a	21.6 a	10.1	12.5 a	2.0 b	130	132.3 a	213.0 a

Medias con letras iguales de cada columna no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

Cuadro 5. Componentes de color externo de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ con 27.9% MS, al momento de cosecha, la salida de cada periodo de refrigeración y a la madurez de consumo.

Refrigeración	Índice de color			Luminosidad			Croma			Ángulo Hue		
	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez	Cosecha	Salida	Madurez
1 semana	34.0	30.5 a	4.4 a	27.5	26.8 a	21.4 a	13.7	12.8 a	3.6 a	127	129.9 a	181.7 ab
2 semanas	34.0	26.5 a	3.7 a	27.5	26.4 a	21.6 a	13.7	11.9 a	5.0 a	127	127.0 a	140.8 b
3 semanas	34.0	33.3 a	3.1 a	27.5	26.9 a	20.6 a	13.7	13.3 a	4.3 a	127	129.4 a	210.4 a

Medias con letras iguales de cada columna no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

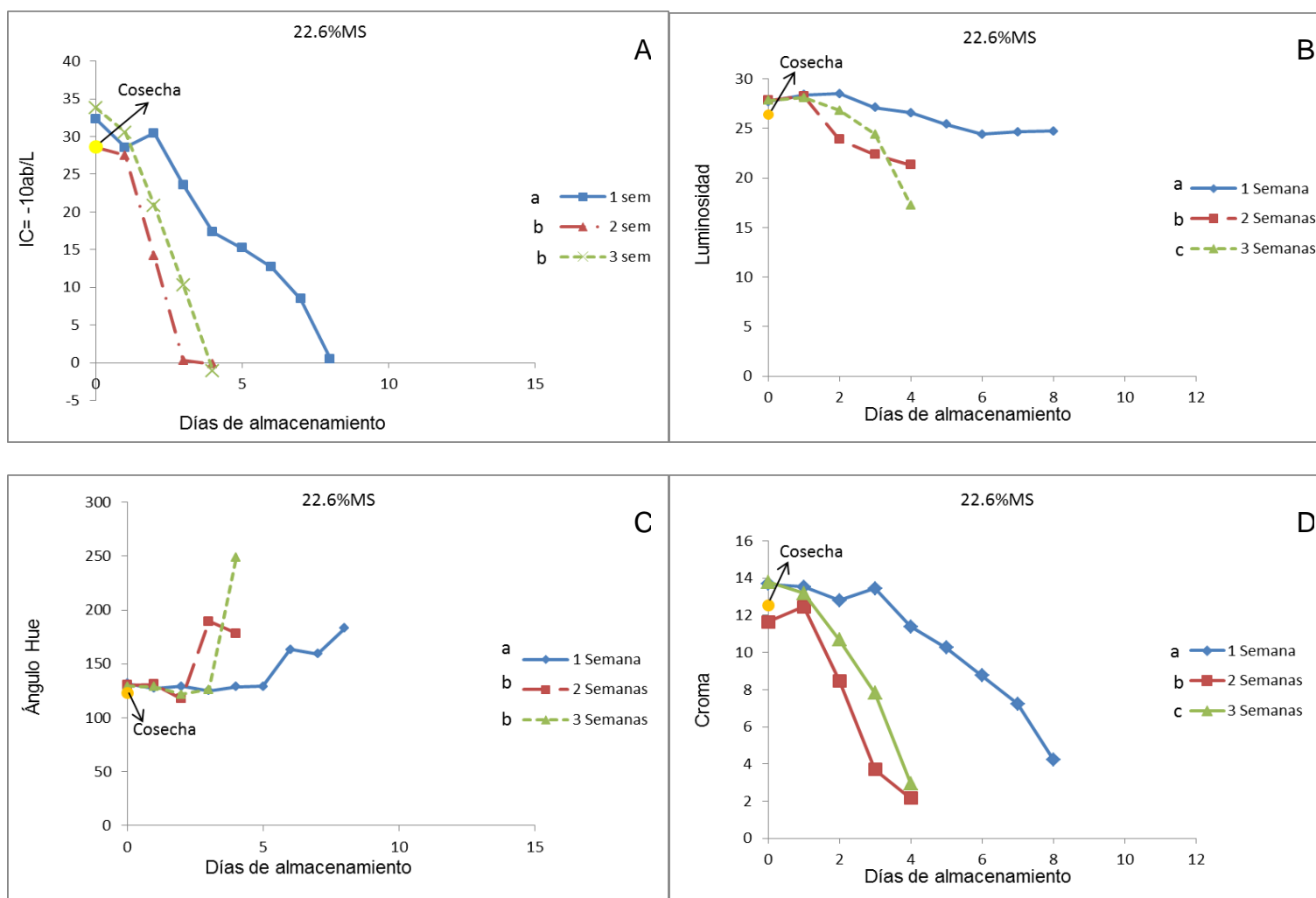


Figura 6. Comportamiento de los componentes de color externo de frutos con 22.6% MS madurados a $20\pm 2^{\circ}$ C y 50 ± 5 % H.R después de cada tratamiento de refrigeración. A) Índice de color, B) Luminosidad, C) Ángulo Hue, D) Cromo. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

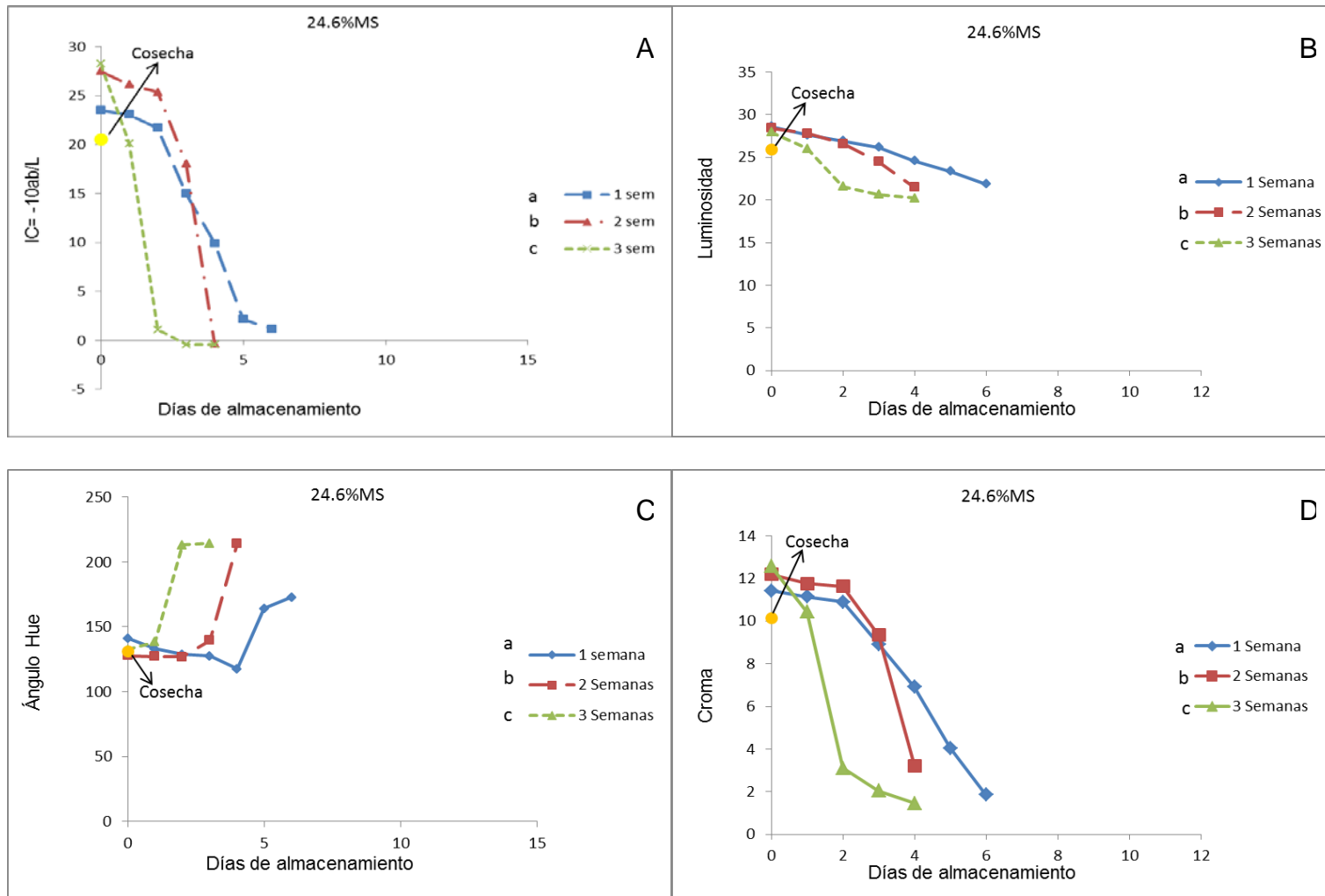


Figura 7. Comportamiento de los componentes de color externo de frutos con 24.6% MS madurados a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\pm 5\%$ H.R después de cada tratamiento de refrigeración. A) Índice de color, B) Luminosidad, C) Ángulo Hue. D) Cromo. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

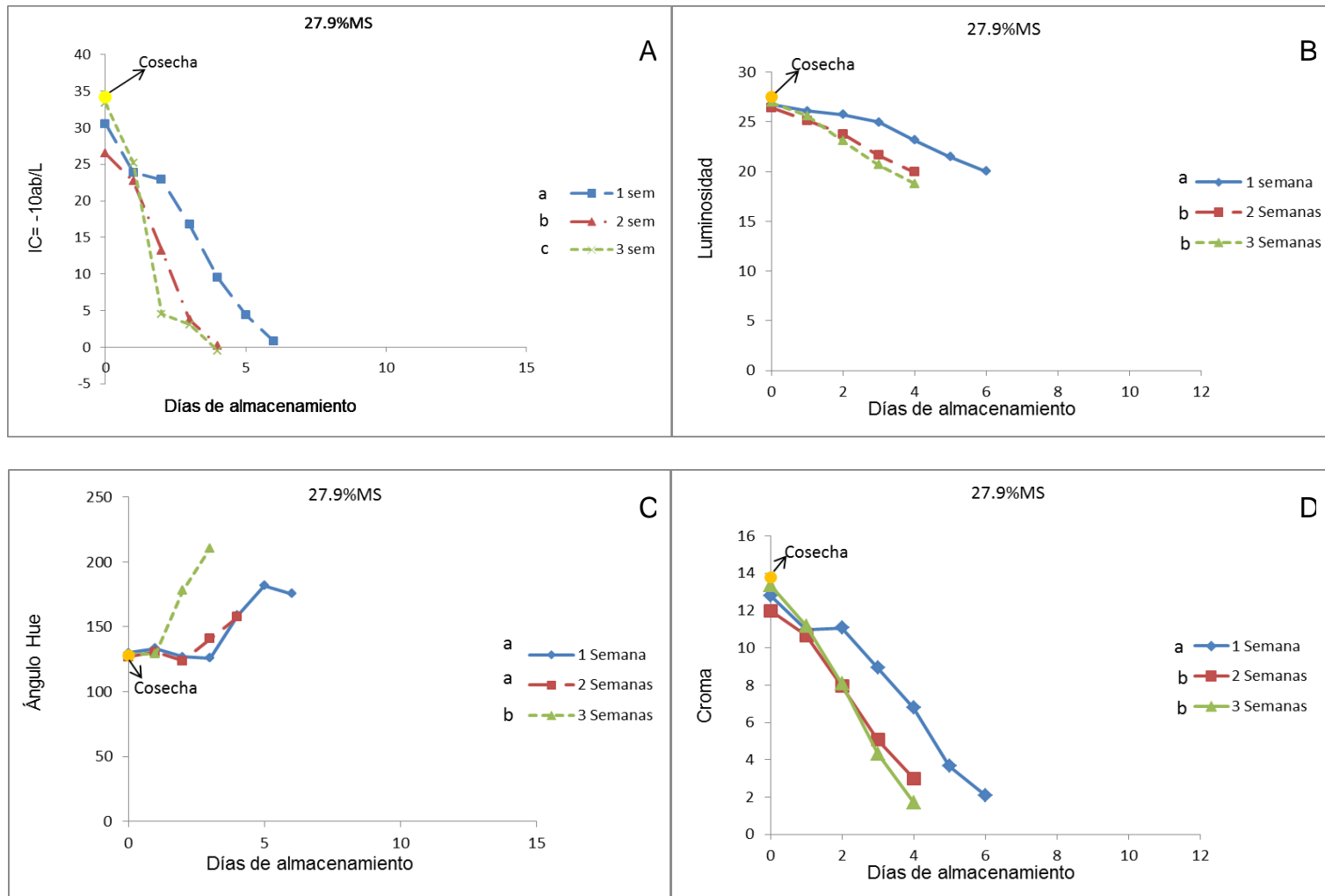


Figura 8. Comportamiento de los componentes de color externo de frutos con 27.9% MS madurados a $20\pm 2^\circ\text{C}$ y $50\pm 5\%$ H.R después de cada tratamiento de refrigeración. A) Índice de color. B) Luminosidad, C) Ángulo Hue. D) Cromo. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

5.6 Carotenos totales en pulpa

Durante la maduración directa a $20\pm 2^{\circ}$ C en los frutos de los tres grados de madurez presentaron un perfil con incrementó en el contenido de carotenoides totales en pulpa, siendo este aumento significativamente mayor en los frutos de la primera cosecha (22.6 %MS), alcanzando un contenido de 0.14 mg/100 g MS, correspondiente a la madurez de consumo, en tanto que los frutos de la segunda (24.6 %MS) y tercera cosecha (27.9 MS) presentaron contenidos de 0.09 y 0.10 mg /100 g MS, respectivamente (figura 9-A).

La maduración de los frutos almacenados a condiciones de refrigeración ($5\pm 1^{\circ}$ C) por 1-3 semanas y posterior maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C mostró que, los frutos con 22.6 % MS almacenados por una y dos semanas a $5\pm 1^{\circ}$ C, presentaron un perfil con aumento en el contenido de carotenoides, en tanto que el perfil con 3 semanas de refrigeración presento una disminución (figura 9-B). En este sentido, los frutos con una y dos semanas de refrigeración cambiaron de 0.058 y 0.094 mg /100 g MS a 0.112 y 0.154 mg /100 g MS al alcanzar la madurez de consumo, mientras que los frutos con 3 semanas de refrigeración iniciaron con 0.076 mg /100 g MS y alcanzaron 0.047 mg /100 g MS (cuadro 13). Durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C, los frutos con 24.6% MS almacenados por una, dos y tres semanas a $5\pm 1^{\circ}$ C, presentaron perfiles de contenido de carotenoides sin diferencias significativas (figura 9-C). El contenido de carotenoides cambio de 0.05 (1 semana), 0.054 (2 semanas) y 0.053 (3 semanas) mg /100 g MS, hasta 0.059, 0.073 y 0.059 mg /100 g MS, respectivamente, en la madurez de consumo (cuadro 13). En cuanto a los

frutos con 27.9% MS almacenados por una dos y tres semanas a $5\pm 1^{\circ}$ C, presentaron durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C un perfil de contenido de carotenoides con comportamiento similar al perfil de los frutos con 24.6% MS (figura 9-D), en cuyo caso los frutos de una, dos y semanas evolucionaron de 0.088, 0.091 y 0.084 mg /100 g hasta 0.093, 0.088 y 0.079 mg /100 g, en el mismo orden (cuadro 13). Por su parte Hulme et al. (1970) reporta contenidos de 0.13-0.51 mg/100 g de peso seco en aguacate, mientras que Ashton et al. (2006) en aguacate ‘Hass’ reporta valores de 0.34 a 0.05 mg mg/100 g PS en la madurez fisiológica y de consumo, respectivamente. Lo que indica que los frutos de aguacate ‘Carmen Hass’, presentaron contenidos menores a los reportados por estos investigadores.

Cuadro 6. Contenido de carotenoides en pulpa (mg / 100 g MS) de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ al momento de cosecha, a la salida de refrigeración y a la madurez de consumo (5 N).

% Materia seca	Ambiente		1 semana		2 semana		3 semanas	
	Corte	Madurez	Salida	Madurez	Salida	Madurez	salida	Madurez
22.6	0.080 a	0.140 a	0.058 ab	0.112 a	0.094 a	0.154 a	0.076 a	0.047 b
24.6	0.040 b	0.090 b	0.050 b	0.059 b	0.054 a	0.073 b	0.053 a	0.059 ab
27.9	0.099 a	0.100 b	0.088 a	0.093 a	0.091 a	0.088 b	0.084 a	0.079 a

Medias con letras iguales de cada columna no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

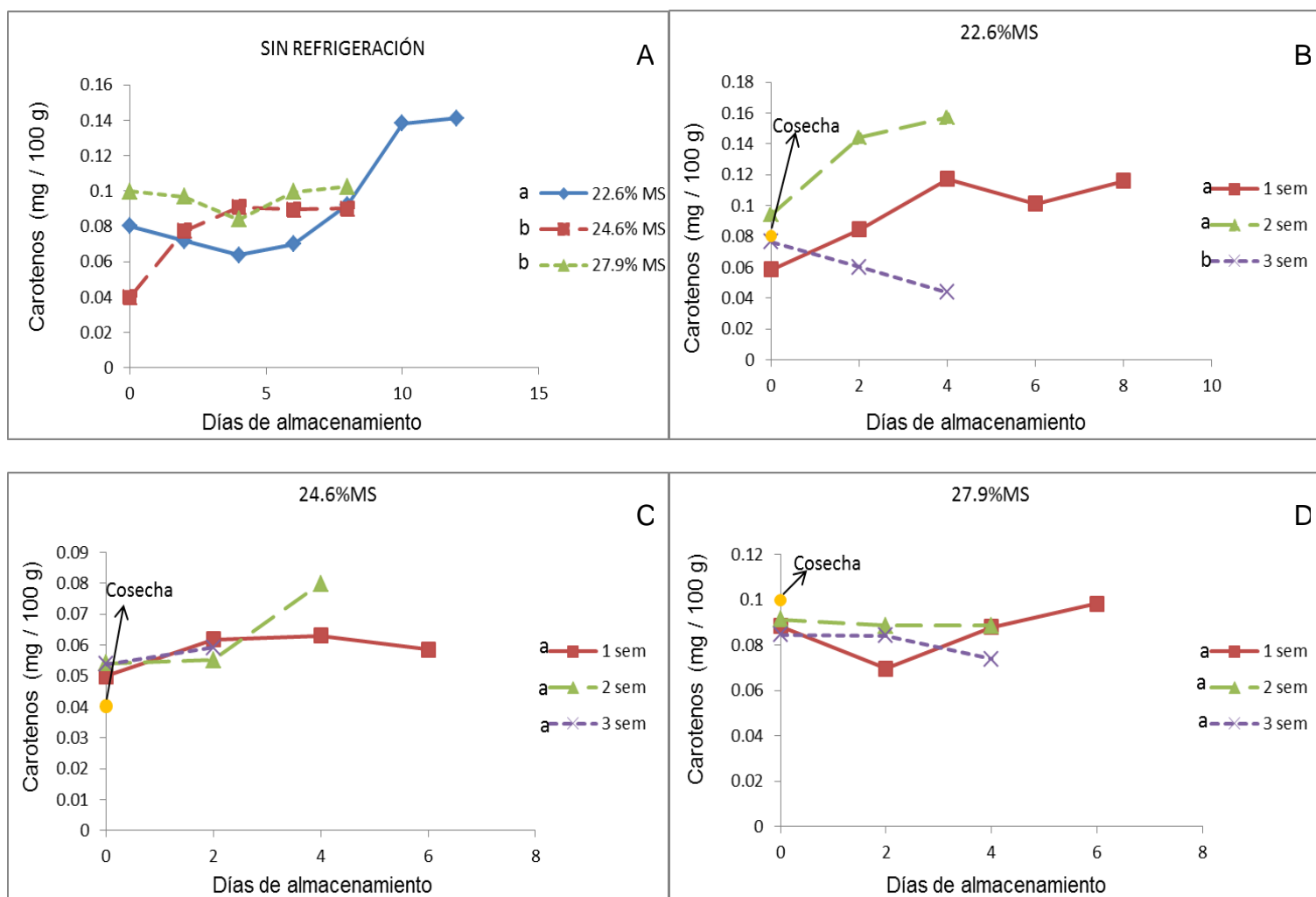


Figura 9. Comportamiento de contenido de carotenoides en pulpa de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’, durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\pm 5\%$ H.R. A) Sin recibir refrigeración, B) Con tratamientos de refrigeración y con 22.6% MS, C) Con tratamientos de refrigeración y con 24.6 % MS D) Con tratamientos de refrigeración y con 27.9% MS. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

5.7 Clorofila

El contenido de clorofila en los frutos cosechados con 22.6, 24.6 y 27.9 % MS y expuestos a maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C, presentaron un perfil con tendencia a la disminución, sin diferencias significativas entre los grados de madurez (figura 10-A). En este sentido, los frutos con 22.6% MS cambiaron de 54.0 mg/100 g PS al momento de cosecha a 51.1 mg/100 g PS al alcanzar la madurez de consumo (5N), mientras que los frutos con 24.6 % MS evolucionaron de 65.3 mg/100 g PS al momento de cosecha hasta 56.1 mg/100 g PS al llegar a la madurez de consumo; los frutos con 27.9% MS iniciaron con 54.5 mg/100 g PS y disminuyeron a 41.1 mg/100 g PS en la madurez de consumo (cuadro 14) .

La maduración de los frutos ($20\pm 2^{\circ}$ C) después de ser almacenados a condiciones de refrigeración ($5\pm 1^{\circ}$ C) por 1-3 semanas, mostró que los frutos de la primera cosecha (22.6 % MS) almacenados por una semana a $5\pm 1^{\circ}$ C, presentó un perfil con pérdida de clorofila significativamente más lenta respecto al perfil de los frutos almacenados por dos semanas (figura 10-B); de este modo, los frutos almacenados por 1 y 2 semanas alcanzaron un contenido de clorofila de 42 y 43.3 mg/100 g PS, en la madurez de consumo (5 N) en 7.5 y 3.5 días, en el mismo orden; por su parte, los frutos almacenados por 3 semanas presentaron un contenido de 46.8 mg/100 g PS (cuadro 14). En cuanto a los frutos de la segunda cosecha (24.6% MS) almacenados por una semana a $5\pm 1^{\circ}$ C, presentaron un perfil de disminución de clorofila significativamente más lento respecto al perfil de los frutos almacenados por dos y tres semanas (figura 10-C). En este sentido, los frutos almacenados por una, dos y tres semanas alcanzaron a la madurez de consumo contenidos de 54.9, 43 y

41.9 mg/100 g PS en 5.5, 3 y 2 días, respectivamente. Con relación a los frutos de la tercera cosecha (27.9% MS) presentaron un comportamiento de perfil con disminución y sin diferencias significativas, entre periodos de refrigeración (figura 10-D); los frutos almacenados por una y tres semanas presentaron contenidos de 46.9 y 47.1 mg/100 g PS, en tanto que los frutos almacenados por 2 semanas presento contenidos de 44 mg/100 g PS.

Al respecto Cox et al. (2004) reportan contenidos de clorofila total en la cáscara de frutos de aguacate ‘Hass’ de 60 mg/100 g PS al momento de cosecha y de 26 mg/100 g PS al alcanzar la madurez de consumo a 20 °C, lo que permite asumir que los valores obtenidos en este trabajo son, en cuanto al contenido de clorofila, en la madurez de consumo, mayores a los reportados en aguacate ‘Hass’, lo que coincide con los resultados de evaluación del color que manifestaron una tonalidad verde – azulada del epicarpio al madurar los frutos.

Cuadro 7. Contenido de clorofila total en el exocarpio (mg / 100 g MS) de frutos de aguacate ‘Carmen Hass’ al momento de cosecha, a la salida de refrigeración y a la madurez de consumo (5 N).

% Materia seca	Ambiente		1 semana		2 semana		3 semanas	
	Cosecha	Madurez	Salida	Madurez	Salida	Madurez	salida	Madurez
22.6	54.0 b	51.1 a	53.9 a	42.0 b	52.3 b	43.3 a	47.3 b	46.8 a
24.6	65.3 a	56.1 a	60.7 a	54.9 a	63.9 a	43.0 a	58.0 a	41.9 a
27.9	54.5 b	41.1 b	54.5 a	46.9 b	54.8 b	44.0 a	56.8 a	47.1 a

Medias con letras iguales de cada columna no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

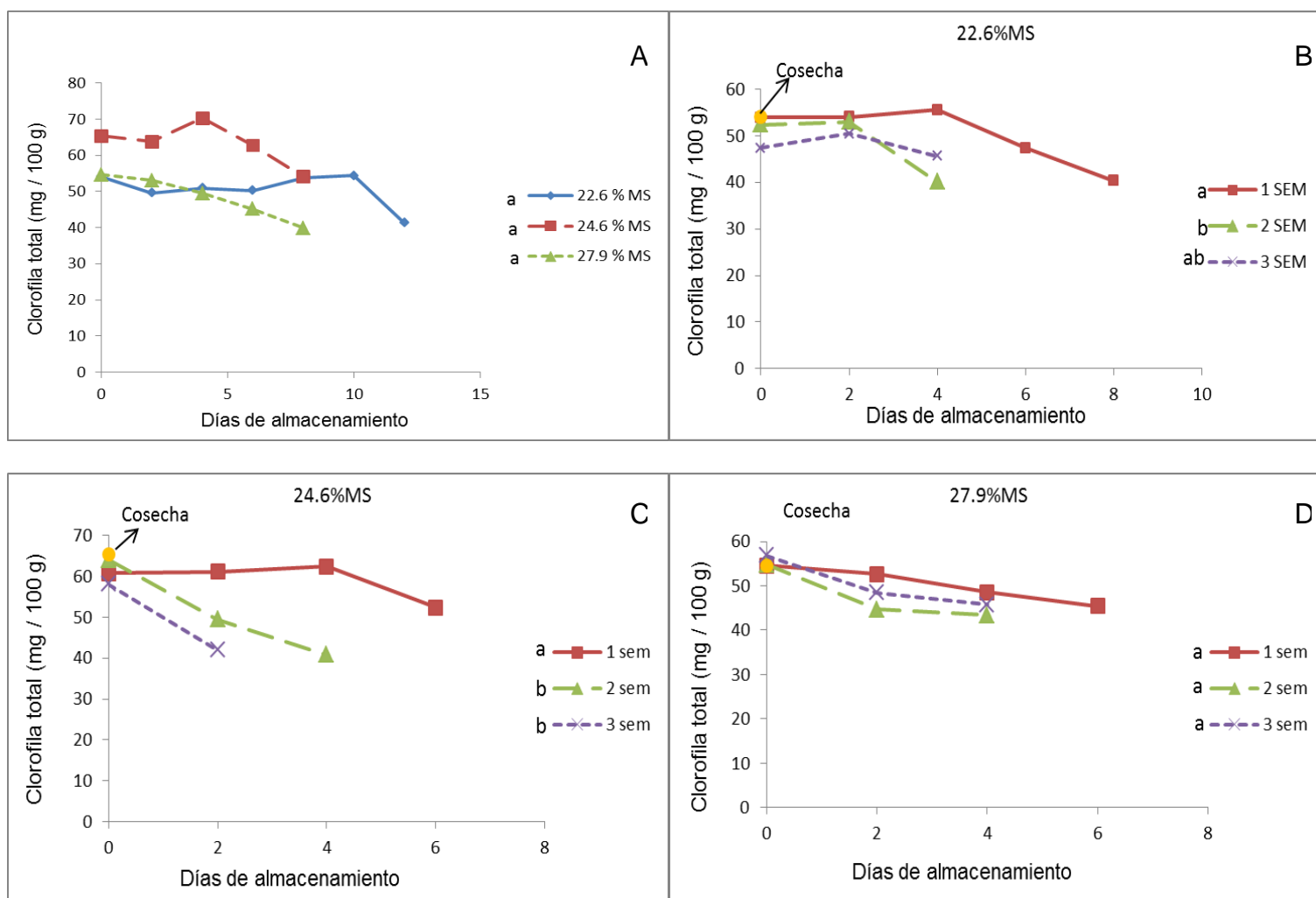


Figura 10. Comportamiento del contenido de clorofila en el exocarpo de frutos aguacate ‘Carmen Hass’, durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C y 50 ± 5 % H.R. A) Sin recibir refrigeración, B) Con tratamientos de refrigeración y con 22.6% MS, C) Con tratamientos de refrigeración y con 24.6% MS, D) Con tratamientos de refrigeración y con 27.9% MS. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

5.8 Intensidad respiratoria

Durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C, los frutos sin y con periodo de refrigeración presentaron el típico patrón climatérico. Los aguacates sin refrigeración presentaron un perfil de velocidad de respiración significativamente menor respecto a los frutos con refrigeración, alcanzando un máximo climatérico de 120 mL de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ al día once, en tanto que, en los frutos con 1 semana de refrigeración se presentó al sexto día con 173 mL de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$; los frutos con 2 y 3 semanas de refrigeración alcanzaron el máximo climatérico en dos días, con valores de 140.9 y 135.7 mL de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ sin diferencia significativa entre estos (figura 11). En este sentido López y Cajuste, (1999) reporta máximos climatéricos de 100 y 152.7 mg de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en frutos de aguacate 'Hass' madurados directamente a 23° C y en frutos almacenados por 28 días a $5\pm 1^{\circ}$ C, respectivamente. Lo anterior pone de manifiesto un metabolismo más acelerado en los frutos de 'Carmen Hass' al madurar directamente a $20\pm 2^{\circ}$ C; la mayor velocidad de respiración mostrada en los frutos expuestos bajo refrigeración, sugiere una respuesta a la inducción de daños por frío, impuesta por las baja temperatura de almacenamiento. De acuerdo con Wang (1982 y 2000) una de las respuestas de los tejidos vegetales a los daños por frío es la de experimentar alteraciones en el metabolismo, incrementando su velocidad de respiración.

5.9 Producción de etileno

Los perfiles de velocidad de producción de etileno durante la maduración de frutos con y sin periodo de refrigeración, también muestran el clásico comportamiento de

un fruto climatérico. Contrario a lo encontrado en la velocidad de respiración, los frutos sin refrigeración presentan un perfil de velocidad de producción de etileno significativamente mayor al perfil de frutos con refrigeración al alcanzar un máximo de $167.1 \mu\text{L de C}_2\text{H}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}$ en 11 días. El perfil de velocidad de producción de etileno de los frutos con 1 semana de refrigeración presento a los 6 días un máximo de $119.9 \mu\text{L de C}_2\text{H}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}$, significativamente diferente a lo encontrado en frutos con 2 ($94.0 \mu\text{L de C}_2\text{H}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}$) y 3 ($92.5 \mu\text{L de C}_2\text{H}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}$) semanas de refrigeración (figura 12).

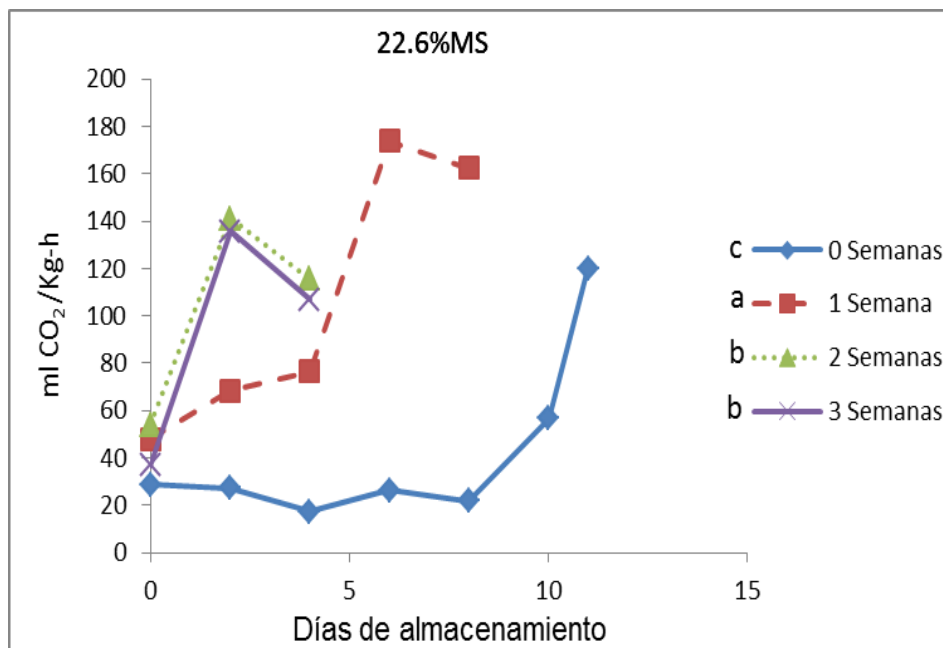


Figura 11. Comportamiento de la respiración de frutos almacenados directamente a $20\pm 2^\circ$ y frutos con 3 periodos de almacenamiento a $5\pm 1^\circ$ C con posterior maduración. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

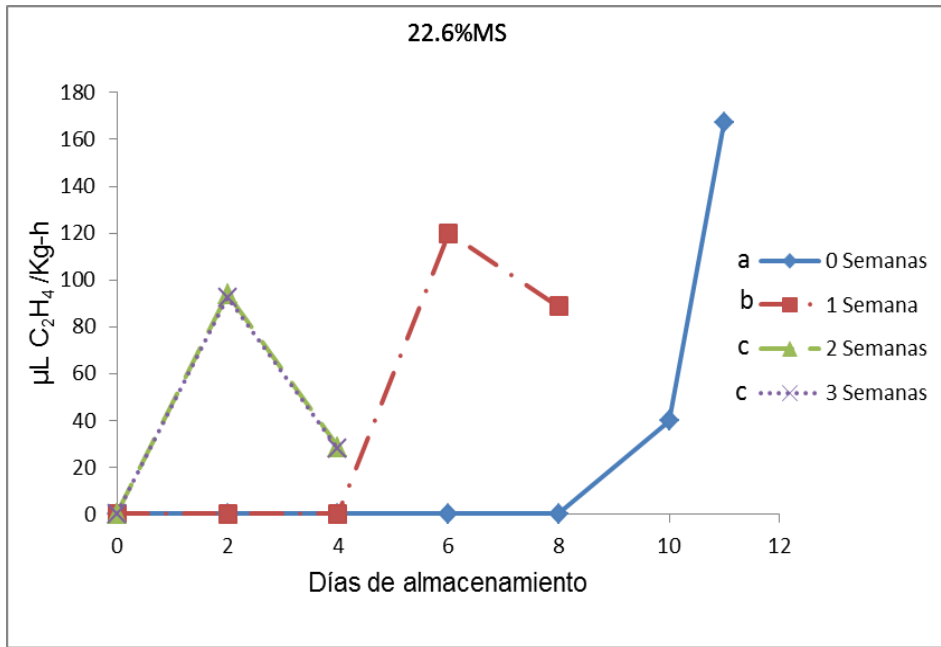


Figura 12. Comportamiento de la producción de etileno en frutos almacenados directamente a $20\pm 2^\circ\text{C}$ y frutos con 3 periodos de almacenamiento a $5\pm 1^\circ\text{C}$ con posterior maduración. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

1. Los frutos con grado de madurez de 22.6 % MS, presentaron mayor contenido de calcio, lo que condujo un retardo significativo en la disminución de firmeza durante la maduración a $20\pm 2^{\circ}$ C, respecto a los frutos con grados de madurez de 24.6 y 27.9 %
2. La pérdida de peso durante la maduración fue significativamente mayor en frutos con grado de madurez de 27.9% MS, almacenados por 3 semanas a $5\pm 1^{\circ}$ C.
3. Durante la maduración directa a $20\pm 2^{\circ}$ C, se presenta un incremento en el contenido de carotenoides en la pulpa de los frutos de los tres grados de madurez, dicho incremento se ve afectado en frutos con tratamientos previos de más de dos semanas de refrigeración a $5\pm 1^{\circ}$ C.
4. Los frutos de los tres grados de madurez almacenados a $5\pm 1^{\circ}$ C, presentan después de 2 semanas, desórdenes fisiológicos o daños por frío, expresados en el epicarpio del fruto.
5. El almacenamiento de los frutos de aguacate cv. Carmen Hass a $5\pm 1^{\circ}$ C por 1, 2 y 3 semanas, incremento significativamente la velocidad de respiración, lo que implica una menor vida postcosecha al someterlos a maduración.

6. Por lo antes mencionado se acepta que el grado de madurez al momento de cosecha y el periodo de almacenamiento previo del fruto, si influyen significativamente en el proceso de maduración y calidad de los frutos de aguacate 'Carmen Hass'.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios de correlación entre el contenido de materia seca y concentración de elementos minerales, que permitan predecir el comportamiento de la maduración en frutos almacenados por diferentes periodos de refrigeración.

Correlacionar el contenido de humedad relativa de almacenamiento con el manchado del epicarpio, debido a un efecto de condensación y/o inducción de daños por frío.

Determinar los parámetros organolépticos, nutricionales y nutracéuticos que definan la calidad de los frutos de aguacate 'Carmen Hass', con fines de utilización en fresco o para procesamiento.

CAPITULO VII

LITERATURA CITADA

Alcántar, G. G., Trejo-Téllez, L. I., Fernández, P. L. y Rodríguez M. M. 2009. Elementos esenciales. En: Nutrición de cultivos. Alcántar, G. G. y Trejo-Téllez, L.I. Ed. Mundi Prensa. México, D.F. pp: 25-36

Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J., Perea-Flores, J., Calderón-Domínguez, M., de Jes, Moreno-Armendáriz, G., Calvo, M., Godoy-Calderón, A., Quevedo, H., Gutiérrez-López, S., Gutiérrez-López, R. & Gutiérrez-López, G. 2011. Image processing applied to classification of avocado variety Hass (*Persea americana* mill.) during the ripening process. *Food and Bioprocess Technology* 4(7): 1307-1313.

Ashton, O.B.O., Wong, M., Mcghie, T.K., Vather, R., Wang, Y., Requejo-Jackman, C., Ramankutty, P. and Woof, A.B., 2006. Pigments in avocado tissue and oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(26):10151-10158.

Azcón-Bieto, J., y Talón, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Ed. Mc Graw-Hill. Madrid. Pp: 87

Aziz, A.B.Abou, Desouki, I. y El-Tanahy, M.M. 1975. Effect of nitrogen fertilization on yield and fruit oil content of avocado trees. *Scientia Horticulturae*, 3 (1): 89--94

Barcelas, O. A. E., Molina, E. J., Huanosto, M. F., Aguirre P. S. 2003. Ciontenido de macro y microelementos en hojas, flor y fruto de aguacate "Hass" en la región de Uruapan Michoacán. In: Proceedings V World Avocado Congress.

Barrientos P. A., Muños, P. R., Reyes A. J. C., Bory M. W., y Martínez D. Ma. T. G., S. 2007. Taxonomía, cultivares y portainjertos. En: El aguacate y su manejo integrado. Téliz D. & Mora A. (ed). Ed. Mundiprensa. México, D.F. pp: 54-86.

Bennett, A.B. & Smith, G.M. 1987. Regulation of climacteric respiration in ripening avocado fruit. *Plant Physiology* 83(4): 973-976.

Bergh,B., and Ellstrand. 1986.Taxonomy of the avocado. *California Avocado Society Yearbook* 70: 135-145.

Blakey, R.J., Bower, J.P. & Bertling, I. 2009. Influence of water and ABA supply on the ripening pattern of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit and the prediction of water content using Near Infrared Spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 53(1): 72-76.

Clark, C. J., White, A., Jordan, R.B. & Woolf, A.B. 2007. Challenges associated with segregation of avocados of differing maturity using density sorting at harvest. *Postharvest Biology and Technology* 46(2): 119-127.

Cox, K.A., McGhie, T.K., White, A. & Woolf, A.B. 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of ' Hass' avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology* 31(3):287-294.

Cuevas, M. de Js., R. A. Sánchez y E. Morales 2007. Métodos no destructivos y momento óptimo de cosecha del Aguacate (persea americana mill.) 'semil 34' en república Dominicana. *In: VI World Avocado Congress Viña Del Mar, Chile.*

Dixon, J., T. A. Elmsly, D. B. Smith, A. J. Mandemaker and H. A. Pak (2008).

Low temperature limits of new zealand 'Hass' avocado fruit. *New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report Vol 8: 111 – 122*

Donadon, J.R., Durigan, J.F., Morgado, C.M.A. & Santos, L.O. 2012, Cold storage of 'Hass' avocado, *Revista Brasileira de Fruticultura*. 34(4): 981-989.

FAO. 2012. Producción por región. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Fecha de consulta: 24/03/2012.

Gamble, J., Harker, F.R., Jaeger, S.R., White, A., Bava, C., Beresford, M., Stubbings, B., Wohlers, M., Hofman, P.J., Marques, R. & Woolf, A. 2010. The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. *Postharvest Biology and Technology* 57(1):35-43.

Gil, M. L. 1995. Elementos de fisiología vegetal, Relaciones hídricas, nutrición mineral, transporte, metabolismo. Ediciones Mundi- Prensa. Barcelona, España. Pp. 249-281.

Hulme, A., C. 1970. The biochemistry of fruits and their products. Ed. Academic Press. London. 620p.

Illsley C., R. Brokaw, T. Bruwer, and S. Ochoa. 2011. Hass Carmen, a precocious flowering avocado tree. In Proceedings VII World Avocado Congress . Cairns, Australia.

Jeng J., S. 2007. Maturity and heat pretreatment influence on storage quality at low temperature of some local varieties of avocado *Persea Americana* Mill in Taiwan. *In: Proceedings VI World Avocado Congress*. Viña Del Mar, Chile.

Lee, S. K., R.E. Young, P. M. Shiffman, and C.W. Coggins Jr. 1983. Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108(3):390-394

López-López, L. y J. F. Cajuste-Bontemps. 1999. Comportamiento postcosecha de fruta de aguacate cv. Hass con base en la altitud de producción y tipo de floración. *Revista Chapingo serie horticultura* 5:365-371.

Lovatt, C. J. 1985. Evolution of the xylem resulted in a requirement for boron in the apical meristems of vascular plants. *New Phytol.* 99:509-522

Maftoonazad, N. & Ramaswamy, H.S. 2008. Effect of pectin-based coating on the kinetics of quality change associated with stored avocados. *Journal of Food Processing and Preservation* 32(4):621-643.

Nieto A. D., Acosta R. M., & Téliz O. D. 2007. El manejo postcosecha en aguacate. En: *El aguacate y su manejo integrado*. Téliz D. O. & Mora A. A. (ed). Ed. Mundiprensa. México, D.F. pp: 211-219.

Pantastico E. B., A. K. Mattoo, T. Murata, K. Chachin, C. T. Phan. 1979. Cambios químicos durante la maduración y senescencia. En: *Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Edit. Continental. Mexico. pp:129-151.

Salazar-García, S. 2002. *Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones*. Ed. Instituto de la Potasa y el Fósforo A. C. Querétaro México. pp: 25-47

Salazar-García, S. 2007. Floración y fructificación. En: *El aguacate y su manejo integrado*. Téliz D. & Mora A. (ed). Ed. Mundiprensa. México, D.F. pp: 54-86.

Salazar García, S., I.J.L. González Durán, L.M. Tapia Vargas. 2011. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate 'Hass' en Michoacán, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 17(2): 183-194.

Sánchez, G. P. & P. Ramírez M. 2000. Fertilización y nutrición del aguacatero. En: El aguacate y su manejo integrado. D. Téliz (ed). Ed. Mundiprensa. México, D.F. pp: 103-113

Saucedo-Hernández, L., Martínez-Damián, M. T., Colinas-León, M. T., Barrientos-Priego, A. F. y Aguilar-Melchor, J. J. 2005. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio en la maduración y daños por frío en aguacate 'fuerte'. Revista Chapingo, Serie horticultura. 11(1):149-157.

Saucedo-Hernandez, L., M. T. Martínez Damián, M. T. Colinas-León, A. F. Barrientos-Pliego, J.J. Aguilar Melchor.2005. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio en la maduración y daños por frío en aguacate 'fuerte'. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(1): 149-157.

SIAP. 2012. Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351.

Fecha de consulta: 24/03/2012.

SIAP- SAGARPA. 2007. Aguacate Hass: Descripción. Disponible en: http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/aguacate/Descripcion.pdf.

Fecha de consulta: 24/03/2012.

Thorp, T. G., D. Hutching, T. Lowe, and K.B. Marsh. 1995. Fruit mineral concentrations and postharvest quality of 'Hass' avocados. In Proceedings of The World Avocado Congress III. New Zealand.

Tingwa, P.O. and R. E. Young. 1975. Studies on the inhibition of ripening in attached avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100:447-449

Villa-Rodríguez, J.A., Molina-Corral, F., Ayala-Zavala, J., Olivas, G.I. & González-Aguilar, G.A. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of ' Hass' avocado. Food Research International 44(5):1231-1237.

Wang, C. Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. HortScience 17:173-186.

Wang, C. Y. 2000. Postharvest techniques for reducing low temperature injury in chilling-sensitive commodities. En: Improving Postharvest Technologies for Fruits, Vegetables and Ornamentals, Edit. Intern. Institute of Refrigeration. Eds: F. Artés. M. I. Gil y M. A. Conesa. II:467-473.

Wang, W., Bostic, T.R., Gu, L., Wang, W., Bostic, T.R. & Gu, L. 2010. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chemistry* 122(4):1193-1198.

Werman, M.J. y Neeman I. 1987. Avocado oil production and chemical characteristics. *JAOC*, 64 (2), pp. 229–232.

William, L. O. 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. *Economic Botany* 31: 315-320

Wills R. H., T. H. Lee, W. B. McGlasson, E. G. Hall, D.Grahan. 1984. Postharvest, An introducción to the physiology and handling of fruit and vegetables. Edit. Acribia. Pp:20-82

Zauberman, G., y Jobin-Decor, M. 1995. Avocado (*Persea americana* Mill.). Quality changes in response to low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology* 5(3):235-243.