



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

USO DE EXTRACTOS DE *Persea americana* Mill EN FRUTOS DE AGUACATE PARA RETRASAR SU MADURACIÓN

ANAHI TOCHIHUITL MARTIÑÓN

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2016

La presente tesis titulada: **USO DE EXTRACTOS DE *Persea americana* Mill EN FRUTOS DE AGUACATE PARA RETRASAR SU MADURACIÓN** realizada por la alumna: Anahi Tochiuitl Martiñón 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. SERGIO HUMBERTO CHÁVEZ FRANCO

ASESOR

Dra. DIANA GUERRA RAMÍREZ

ASESOR

Dr. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

ASESOR

Dr. JAVIER SUÁREZ ESPINOSA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2016

USO DE EXTRACTOS DE *Persea americana* Mill EN FRUTOS DE AGUACATE PARA RETRASAR SU MADURACIÓN

Anahi Tochihuitl Martiñón, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2016.

RESUMEN

El árbol de aguacate (*Persea americana* Mill) proporciona frutos de gran importancia a nivel mundial tanto para consumo humano, como en las industrias farmacéutica y de cosméticos. Las investigaciones postcosecha generadas acerca de este fruto están enfocadas en retardar su maduración, con el fin de colocar el producto en un mejor mercado, donde las ganancias sean óptimas. En este trabajo se estudió el efecto de la aplicación de extractos no polares obtenidos de ramas, pedúnculo y hojas de *Persea americana* Mill, en el retraso de maduración del fruto de aguacate variedad "Hass" con y sin pedúnculo. Además, se evaluó la maduración del fruto de *P. americana* considerando cuatro formas de colecta: frutos de aguacate con sus ramas de tamaño original con y sin hojas y frutos de aguacate con ramas a la mitad de su tamaño, con y sin hojas. Las variables medidas en los frutos tratados con extracto fueron firmeza, respiración, diámetro ecuatorial y color. Para los frutos con ramas, se determinaron color, firmeza, diámetro ecuatorial y longitud. La firmeza de los frutos fue determinada a través de una escala hedónica de 5 a 1, donde niveles de 5= duro, 4= inicia ablandamiento, 3= ligeramente blando, 2= blando y 1= muy blando, la velocidad de respiración ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) fue determinada midiendo la producción de CO_2 , las variables de color (L,a,b) se obtuvieron haciendo uso de la aplicación para Android "Color Grab" y las dimensiones, diámetro ecuatorial y longitud, se midieron con un vernier digital. Los resultados obtenidos mostraron que la presencia del pedúnculo en los frutos permite retrasar su maduración; con una firmeza promedio de 4.3 y coloración verde a los diez días postcosecha. El ácido acetilsalicílico (1mgmL^{-1}), los extractos de pedúnculo (200ppm) y rama (200ppm) tuvieron un efecto significativo en la coloración verde de los frutos hasta diez días posteriores a su cosecha. Los resultados de esta investigación demuestran que las hojas de aguacate actúan como una fuente de una sustancia (hormona) retardadora de la maduración.

Palabras Clave: velocidad de respiración, color, firmeza, postcosecha.

USE OF *Persea americana* Mill SOLUTION-EXTRACTS IN AVOCADO FRUIT TO DELAY RIPENING

Anahi Tochiuhuitl Martiñón, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2016.

ABSTRACT

The avocado tree (*Persea Americana* Mill) provides fruits of great importance worldwide for human consumption, as well as in the pharmaceutical and cosmetic industries. Postharvest research has been generated to delay ripening, allowing to place the product in a better market, where profits could be optimal. In this research plant extracts of branch, peduncle and leaves of *Persea americana* Mill were obtained, to delay ripening in avocado fruit variety "Hass" with and without peduncle.

Similarly the maturation of the *P. americana* fruit was evaluated considering four forms of collection: avocado fruits with their branches of original size with and without leaves and avocado fruits with branches at half their size, with and without leaves. Variables measured in fruits placed in solution extracts, were firmness, respiration, equatorial diameter and color, in the case of fruits attached to branches, were determined color, firmness, equatorial diameter and longitude.

Firmness was measured through a hedonic scale of 5 to 1, where levels 5 = hard 4 = starts softening, 3 = slightly soft, 2 = soft and 1 = very soft, the respiration rate ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) was determined by measuring the CO_2 production, color variables (L, a, b) were obtained with the Android application "Color Grab" and dimensions (equatorial diameter and length) of fruits were taken with the help of a digital vernier. Results showed that the presence of the peduncle in the fruits has an effect on delaying their ripening; with an average firmness of 4.3 and green coloration postharvest ten days postharvest.

Extracts and solutions of acetylsalicylic acid (1mgmL^{-1}), peduncle (200ppm) and branch (200ppm) had a significant effect on keeping the green coloration of fruits up to ten days after harvest. The results of this research demonstrate that avocado leaves act as a source of a substance (hormone) delaying ripening.

Keywords: respiration rate, color, firmness, postharvest.

AGRADECIMIENTOS

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

Al Colegio de Postgraduados por contribuir en mi formación académica.

Al Dr. Sergio Humberto Chávez Franco por su disponibilidad para llevar a cabo esta investigación.

A la Dra. Diana Guerra Ramírez por sus sugerencias, disponibilidad y apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

Al Dr. Javier Suarez Espinosa por sus asesorías, amabilidad y consejos en la realización de la investigación y mi formación académica.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz por su disponibilidad y apoyo en la realización de esta tesis.

Al Dr. Héctor González Rosas por aceptar ser mi sinodal, contribuir en mi formación académica y su gran calidad humana.

A la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C., Temascaltepec de González, Estado de México, que a través de la Dra. María de la Cruz Espíndola Barquera apoyó para la realización de este proyecto.

A todo el personal que labora en el Postgrado de Fruticultura por su disponibilidad y apoyo en la realización de los trámites para este trabajo.

DEDICATORIA

A mi mamá y hermana, por la motivación, consejos, guía y apoyo incondicional durante todo este tiempo.

A mis abuelos José Sabino Martiñón Mateos (†) y Juan Tochiuitl Ramírez, por contribuir de manera oportuna en mi formación personal a través de sus consejos y confianza.

A mi familia por confiar en mí y darme la fortaleza para cumplir mis objetivos.

A mis amigos y amigas que han estado en todo momento brindándome su apoyo y confianza.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA.....	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE CUADROS	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades del cultivo	3
2.2 Cambios fisiológicos durante el proceso de maduración	4
2.3 Índices de madurez	5
2.3.1 Firmeza	6
2.3.2 Color.....	6
2.3.3 Respiración	7
2.4 Factor árbol	8
2.4.1 Fitohormonas	8
2.4.2 Auxinas.....	9
2.4.3 Giberelinas	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Material Vegetal	11
3.2 Preparación de extractos	11
3.3 Tratamientos	11
3.4 Variables medidas.....	13
3.5 Diseño experimental y análisis estadístico.....	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1 Frutos de aguacate con extractos	17
4.1.1 Grado de madurez	17
4.1.2 Firmeza	17
4.1.3 Color.....	22
4.1.4 Velocidad respiratoria.....	27

4.1.5	Diámetro ecuatorial	27
4.1.6	Relación velocidad de respiración-diámetro- color y firmeza.	28
4.2	Frutos de aguacate con ramas	30
4.2.1	Firmeza	30
4.2.2.	Color.....	31
4.2.3	Diámetro ecuatorial y longitud.....	34
5.	CONCLUSIONES.....	38
6.	RECOMENDACIONES	39
7.	LITERATURA CITADA.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cambios de color en la epidermis de frutos “Hass” a los 8, 10, 12 y 14 días postcosecha.	23
Figura 2. Color en la epidermis de frutos “Hass” tratados con ácido acetilsalicílico (1mg mL^{-1}) y agua destilada.	24
Figura 3. Color en la epidermis de frutos “Hass” tratados con ácido acetilsalicílico (1mg mL^{-1}) y extracto de pedúnculo (200ppm).	24
Figura 4. Cambios de color en la epidermis de los frutos tratados con ácido acetilsalicílico (1mg mL^{-1}) y extracto de pedúnculo (100ppm).	25
Figura 5. Color en la epidermis de frutos “Hass” tratados con ácido acetilsalicílico (1mg mL^{-1}) y extracto de pedúnculo (100ppm).	25
Figura 6. Comportamiento de la respiración de frutos “Hass” en condiciones de temperatura ambiente.	27
Figura 7. Pérdida de diámetro ecuatorial en frutos “Hass” con extractos no polares.	28
Figura 8. Cambios de color en la epidermis de frutos “Hass” en ramas con y sin hojas a los 4, 6, y 8 días posteriores de su colecta.	32
Figura 9. Cambios de color en la epidermis de frutos “Hass” en ramas enteras y a la mitad a los 4, 6, y 8 días posteriores de su colecta.	33
Figura 10. Pérdida de diámetro ecuatorial en frutos “Hass” con ROH, ROSH, RMH y RMSH.	34
Figura 11. Pérdida de longitud en frutos “Hass” con ROH, ROSH, RMH y RMSH.	34

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos con diferentes extractos no polares de <i>Persea americana</i> Mill.	12
Cuadro 2. Efecto de los extractos no polares en la firmeza de frutos de <i>Persea americana</i> Mill.	17
Cuadro 3. Efecto de la presencia de pedúnculo en la firmeza de frutos de <i>Persea americana</i> Mill.	18
Cuadro 4. Firmeza de aguacate “Hass” con extractos no polares a los ocho, diez, doce y catorce días postcosecha.	19
Cuadro 5. Firmeza de aguacate “Hass” con y sin pedúnculo a los ocho días postcosecha.	20
Cuadro 6. Firmeza de aguacate “Hass” con y sin pedúnculo a los diez días postcosecha.	20
Cuadro 7. Firmeza de aguacate “Hass” con y sin pedúnculo a los doce días postcosecha.	21
Cuadro 8. Firmeza de aguacate “Hass” con y sin pedúnculo a los catorce días postcosecha.	21
Cuadro 9. Días de coloración verde de los frutos “Hass” en postcosecha.....	26
Cuadro 10. Firmeza de frutos de aguacate “Hass” en ramas con y sin hojas a los cuatro, seis y ocho días después de colecta.	30
Cuadro 11. Firmeza de frutos de aguacate “Hass” en ramas enteras y a la mitad a los cuatro, seis y ocho días después de colecta.	30
Cuadro 12. Efecto de los extractos no polares en el diámetro ecuatorial de frutos de <i>Persea americana</i> Mill.	35
Cuadro 13. Efecto de la presencia de pedúnculo en el diámetro ecuatorial de frutos de <i>Persea americana</i> Mill.	35
Cuadro 14. Diámetro ecuatorial de frutos “Hass” con ramas enteras, a la mitad, con y sin hojas.....	36
Cuadro 15. Longitud de frutos “Hass” con ramas enteras, a la mitad, con y sin hojas.....	37

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de aguacate se estima en 4'360,018.28 toneladas (FAOSTAT, 2013) de las cuales la producción de México contribuye con un 33.6%. Esto habla de la enorme cultura que tenemos en el cultivo, además de ser los principales consumidores de aguacate con un consumo per cápita de 9 a 10 k. (WHT y U.S.E.O., 2006).

De acuerdo con datos de la FAO, en el mercado internacional las exportaciones mexicanas de aguacate comenzaron a crecer de manera sostenida a mediados de la década de los años 1980's.

Las zonas productoras del aguacate en el mundo se encuentran lejanas de las zonas de comercio, por lo que es importante retardar la maduración entre la cosecha y el arribo del fruto al punto de consumo (Román y Yahia, 2002).

A través de los años se han usado diversas metodologías para retardar la maduración y conservar el fruto o la pulpa. Ejemplos de éstos incluyen refrigeración, atmósferas controladas, aplicación de ceras y reducción de presión (Trejo, *et. al*, 1992).

Hoy en día se sabe que algunos frutos maduran con mayor rapidez cuando se desprenden del árbol que cuando se mantienen unidos a éste, el aguacate es un ejemplo clásico de frutos que no maduran o muestran niveles climatéricos de producción de etileno mientras están conectados al árbol. Abeles (1973) acuñó el término "factor de árbol" para describir un supuesto inhibidor de la producción de etileno en el tejido de la fruta carnosa unida al árbol.

Peter *et al.* (1975) realizaron estudios sobre la inhibición de la maduración en el fruto de aguacate unido al árbol de *Persea americana* Mill., donde encontraron que el pedúnculo y el tallo pueden suministrar un inhibidor de maduración a la fruta, además una auxina es al menos un factor implicado en la inhibición de la maduración. Aunque giberelinas también podrían estar involucradas en la maduración de aguacate, si se considera que estas fitohormonas que tienen un efecto antagónico con el etileno contribuyen al retraso de los procesos de maduración en los frutos (Rebolledo, *et al.*, 2002).

Por otra parte, extractos de plantas se han empleado para determinar su actividad antifúngica, antioxidante, antiplasmodial, biológica, tripanocida y citotóxica (Martínez, *et al.*, 2010; Zapata *et al.*, 2015; Mesa, *et al.*, 2007;

Ducurú, *et al.*, 2013 y Valencia, *et al.*, 2011). Extractos metanólicos a partir de semillas y hojas de aguacate, se han estudiado para su efecto larvicida sobre *Aedes aegypti* (Agrela, *et al.*, 2014).

1.1 Objetivos

Objetivo General

Evaluar el proceso de maduración de frutos de aguacate, mediante la aplicación de extractos no polares, de diferentes partes del árbol *Persea americana*, para determinar si el uso postcosecha retrasa la maduración.

Objetivos particulares

- Obtener extractos hexánicos de hojas, pedúnculos y ramas de *Persea americana* para determinar si retardan la maduración de frutos de aguacate.
- Evaluar el efecto que tiene la presencia o no de hojas en las ramas con frutos durante su maduración a través de la firmeza y color del fruto.
- Relacionar a los extractos no polares de pedúnculo, rama y hoja de aguacate como fuente de una sustancia (hormona) retardadora de la maduración en los frutos.
- Evaluar el efecto que tiene la presencia o no de pedúnculo en los frutos durante su vida postcosecha por medio de su firmeza y coloración.

1.2 Hipótesis

- La firmeza y color verde de los frutos se mantiene por más tiempo con la aplicación de extractos a base de hojas, pedúnculo y rama, permitiendo retrasar la maduración.
- La presencia del pedúnculo en postcosecha actúa como un retardador del proceso de maduración de *Persea americana* dándole un mayor tiempo de vida de anaquel al fruto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

El aguacate es originario de las áreas montañosas del centro y este de México, y de partes altas de Guatemala (Williams, 1977), de donde se ha llevado al resto del mundo (Barrientos-Priego y López-López, 1998). Se reconocen tres razas: Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), Guatemalteca (*P. americana* var. *guatemalensis*) y Antillana (*P. americana* var. *americana*). La variedad *drymifolia* produce frutos que se consumen y comercializan localmente, se usa como pie de injerto para el cultivar 'Hass'. Esta variedad también es importante, pues junto con *P. americana* var. *guatemalensis* son los progenitores del cultivar 'Hass', el más distribuido en el mundo (Felder *et al.*, 1998).

En México, un árbol de aguacate en etapa reproductiva, registra de dos hasta cuatro floraciones al año dependiendo de las condiciones climáticas, manejo del huerto y cantidad de fruta presente en el árbol (Salazar-García, 2000).

La capacidad de amarrar y crecer de un fruto de aguacate puede expresarse completamente si los carbohidratos, reguladores de crecimiento, compuestos nitrogenados, agua y nutrimentos están disponibles en cantidad suficientes (Bower *et al.*, 1990), debido a la participación que estos tienen durante la iniciación floral, amarre y crecimiento del fruto (Goldschmidt y Golomb, 1982).

El aguacate es una fruta energética con alto valor nutricional y es considerada una fruta tropical importante, ya que es rica en proteínas y vitaminas liposolubles de las que carecen otras frutas, incluyendo las vitaminas A y B, y niveles medios de vitaminas D y E. Contiene diferentes niveles de aceite en la pulpa, por lo que es ampliamente utilizado en las industrias farmacéuticas, cosméticas, y para la obtención de aceites comerciales similares al aceite de oliva, debido a su composición similar de ácidos grasos (Bleinroth y Castro, 1992).

2.2 Cambios fisiológicos durante el proceso de maduración

El aguacate es un fruto climatérico, es decir, experimenta cambios bioquímicos denotados en apariencia y composición según transcurre su maduración (Biale y Young, 1971).

Una vez que el fruto es cortado puede seguir su proceso de maduración. La madurez fisiológica es el estado de desarrollo en el que el fruto puede continuar con su ontogenia una vez separado de la planta. La madurez comercial es el estado de desarrollo donde el fruto posee las características sensoriales adecuadas para su consumo. En cambio la maduración se refiere a la composición de los procesos que ocurren en el último estado de crecimiento y desarrollo, a través del inicio del estado de la senescencia y que resulta en cambios en composición, color, textura u otros atributos sensoriales, químicos o físicos (Kader, 1997, López -Mata, *et al.*, 2013).

Durante la maduración, la piel de los aguacates variedad Hass (*Persea americana Mill.*) cambia de verde a púrpura / negro. Aunque el cambio de color de la piel es importante para la industria y los consumidores, ya que es una indicación de la madurez de la fruta, se sabe poco sobre el pigmento (Woolf and White; Hofman *et al.*, 2002).

Por otra parte se sabe que el etileno tiene un papel importante en la maduración del aguacate y controla los cambios durante su crecimiento hasta la senescencia. En la etapa pre-climatérica del aguacate, la cantidad de etileno suele ser muy baja, probablemente se debe a la inhibición en la conversión de la S-adenosilmetionina (SAM) a 1-aminociclopropeno (ACC) y la conversión de ACC a etileno (Yang y Hoffman, 1984). En cambio, antes del pico climatérico la actividad de la enzima ACC sintetasa y los niveles de ACC se incrementan marcadamente, lo que aumenta la producción de etileno (Sitrit *et al.*, 1986).

2.3 Índices de madurez

El aguacate no alcanza su madurez de consumo en el árbol, debido a que este produce un inhibidor de la maduración que pasa al fruto por el pedúnculo. La determinación del momento de corte es un factor clave para garantizar que la fruta madurará adecuadamente, optimizar la calidad de la fruta y minimizar las pérdidas.

Para la cosecha del aguacate se utilizan varios criterios indicadores para definir el momento de corte, entre ellos: el tamaño y forma de los frutos, el color interno del mesocarpio o pulpa, el desarrollo de la zona de abscisión, los días transcurridos después del amarre de la fruta y otros que se basan en mediciones objetivas como la firmeza de la pulpa, el contenido de aceite y la tasa de respiración del fruto. En California, la fruta cosechada debe cumplir con un mínimo de materia seca que lo especifica el Estado de California, que es diferente para cada variedad; 20.8% para la variedad Hass, 19.0% para la Fuerte (Cerdas, *et al.*, 2006). La determinación de materia seca, como una alternativa a la determinación del contenido de aceite, es un proceso confiable, reproducible, de bajo costo y de fácil aplicación.

Cuando el fruto del aguacate se cosecha sin la madurez adecuada el consumidor encontrará que al cortar el fruto, la semilla permanece adherida a la pulpa, el tegumento permanece adherido a la pulpa, la pulpa no se desprende fácilmente de la cáscara, hay áreas de la pulpa endurecida y el fruto no presenta la palatabilidad deseada por el consumidor el cual es descrito como sabor a “mantequilla” (Cerdas, *et al.*, 2014). En aguacate, las pérdidas postcosecha pueden llegar hasta el 30% por prácticas inadecuadas y desconocimiento del comportamiento del fruto luego de su recolección (Ramírez 2008). Debido a los requerimientos de calidad de los frutos, es pertinente evaluar su comportamiento en postcosecha, particularmente las características fisiológicas y fisicoquímicas durante la etapa de posrecolección (Márquez, *et al.*, 2014).

2.3.1 Firmeza

La firmeza de la pulpa de los frutos consiste en la resistencia a la deformación y al esfuerzo cortante. Ella se relaciona con las características de las paredes celulares y con la resistencia de las uniones intracelulares y depende en parte del grado de madurez del fruto. Su determinación se hace en forma destructiva, midiendo la fuerza necesaria para la penetración, de un penetrómetro dotado de un cilindro que se introduce en el fruto, normalmente sin piel (Correa, *et al.*, 1995).

El ablandamiento es el principal aspecto del proceso de maduración en los frutos de aguacate, como consecuencia de modificaciones en la composición y estructura de la pared celular. Los cambios ocurridos son debidos, probablemente a hidrólisis de los compuestos pécticos presentes en la pared celular, por la acción de enzimas pectinasas, poligalacturonasas, celulasas y amilasas, asociados a la pérdida de turgencia celular debida a la transpiración, dando como resultado final el ablandamiento de los frutos de aguacate (Bower y Cutting 1988; Silveira 2007; Goulao y Oliveira 2008).

Otros estudios han reportado que la pérdida de firmeza es causada por la acción de la pectinmetilesterasa (PME) que elimina grupos de metilo de ácido galacturónico esterificado, lo que aumenta con la maduración de la fruta y mejora la accesibilidad de la poligalacturonasa (PG) al sustrato péctico aumentando la actividad β -galactosidasa durante las últimas etapas de maduración (Karakurt y Huber 2003).

2.3.2 Color

Durante la maduración del fruto hay disminución de la tonalidad verde, probablemente asociado con la degradación de la clorofila b, por acción enzimática, hidrolizándose a clorofilida y fitol (Kader 1991; Yang *et al.*, 2009), presentando el color oscuro característico de los frutos de aguacate cv. Hass.

Prabha *et al.* (1980) identificaron antocianinas en aguacate cuando este maduraba, *cianidina 3-O-galactósido* y *cianidina-3,5-diglucósido* acilado con *ácido p-courmárico* se sintetizan en la maduración con una relación de 9: 1.

El color de cáscara es un atributo que se relaciona de manera directa con el grado de madurez en frutos de aguacate 'Hass' (Hertog *et al.*, 2003; Cox *et al.*, 2004; Osuna *et al.*, 2005), son varios los investigadores que han estudiado el color de los frutos con el fin de evaluar su grado de madurez, Martínez-Javega y Otero (1989) concluyen que hay una correlación entre la firmeza de la pulpa y el índice cromático obtenido a partir de las coordenadas Hunter L,a,b para el aguacate cv. "HASS" con distintos tratamientos de conservación.

Correa *et al.* (1991) a través de un estudio concluyeron que la evolución del color tanto de la piel como de la pulpa, pueden utilizarse como índice de maduración no destructivo y destructivo, respectivamente, para el aguacate cv."Hass". De los índices cromáticos evaluados se posibilitó la selección del $I = \arctan(b/a)$ para la piel y $I = (a^2 + b^2)^{0.5}$ para la pulpa, índices que presentan mayor grado de correlación con la firmeza de la pulpa.

2.3.3 Respiración

La respiración es un proceso metabólico que toma como materia prima compuestos como los azúcares, el almidón y los ácidos grasos y los somete a una degradación oxidativa, dando como resultado moléculas más simples como el dióxido de carbono (CO₂), el agua (H₂O) y otras moléculas para ser utilizadas en otras síntesis, liberando durante todo este proceso energía en forma de ATP y kilocalorías. La tasa respiratoria de los frutos cosechados de aguacate, depende de las condiciones de almacenamiento, especialmente de la temperatura. En general, la fruta refrigerada disminuye su ritmo respiratorio y su vida de almacenamiento aumenta (Tamayo, *et al.*, 2008).

De acuerdo a la producción de CO₂, el fruto de aguacate presenta una tasa de respiración extremadamente alta (mayor a 60 mg de CO₂ kg⁻¹h⁻¹), aspecto que se refleja en lo perecedero del vegetal (Kader, 2002).

2.4 Factor árbol

El factor árbol se le atribuye a la incapacidad de los frutos de aguacate a madurar en el árbol debido a un inhibidor de la maduración, que se presume es transportado desde el árbol hasta los frutos.

Peter *et al.*, 1975, realizaron estudios sobre la inhibición de la maduración en el fruto de aguacate unido al árbol (*Persea americana Mill.*), donde encontraron que al retirar hojas en ramas desprendidas del árbol, se aceleraba la abscisión del fruto y posteriormente este maduraba. En consecuencia los frutos separados de la rama con el pedúnculo adherido, tardaron más en madurar que cuando este fue retirado. Con esto llegaron a la conclusión de que el pedúnculo y el tallo pueden suministrar un inhibidor de maduración a la fruta, además que una auxina es al menos un factor implicado en la inhibición de la maduración.

2.4.1 Fitohormonas

Las fitohormonas son compuestos responsables de los patrones de expresión génica de diversos eventos de crecimiento y desarrollo, participan en la regulación de múltiples procesos fisiológicos como la germinación de semillas, el enraizamiento, los movimientos trópicos, la tolerancia a diferentes tipos de estrés bióticos y abióticos, la etapa de floración, la maduración de frutos y la senescencia, entre otros (McCourt 1999 citado por Cruz *et al.*, 2012). Las fitohormonas se caracterizan por participar en variadas respuestas morfogénicas y de crecimiento de manera pleotrópica, esto quiere decir, que una misma hormona participa en diferentes procesos y además, que dependiendo de su concentración, la misma hormona puede ser estimuladora o inhibitoria de una misma respuesta.

De acuerdo con su estructura química y función fisiológica, las hormonas han sido clasificadas en varios grupos que comprenden a las auxinas, citoquininas (CK), ácido abscísico (ABA), giberelinas (GA), etileno, jasmonatos (JA), ácido salicílico (SA), brasinosteroides y poliaminas (Cruz *et al.*, 2012).

2.4.2 Auxinas

Las auxinas fueron las primeras fitohormonas identificadas y es precisamente el ácido indol acético AIA, la principal auxina endógena en la mayoría de las plantas (Srivastava 2002 citado por Cruz *et al.*, 2012). La mayoría de las moléculas que integran este grupo son derivados indólicos, aunque también se encuentran algunos compuestos fenoxiacéticos, benzoicos o picolínicos con actividad auxínica.

En cuanto a los mecanismos de transporte, se conoce un mecanismo polar (más lento) en tallos y raíces, exclusivo de auxinas, que depende de proteínas transportadoras específicas para esta hormona (la familia de transportadores PIN-FORMED) (Klein-Vehn y FrimL 2008 citados por Cruz *et al.*, 2012), y no polar en el floema (más rápido) donde se encontraría asociado con procesos de división del cambium y ramificación de raíces. Las auxinas generalmente son transportadas en el sentido del eje longitudinal de la planta, alejándose del punto apical hacia la base (basípeto) en el tallo y en el sentido contrario (acrópeto) desde la raíz (Srivastava 2002 citado por Cruz *et al.*, 2012).

Las auxinas se producen en hojas jóvenes, pero aparentemente no tiene efectos directos sobre la tasa de crecimiento de la hoja. Sin embargo, afecta a la abscisión: la caída de las hojas o de otras partes de la planta. La abscisión está correlacionada con una menor producción de auxina en la hoja; en muchas circunstancias, la abscisión puede evitarse mediante la aplicación de auxina.

El control de la abscisión de las hojas, las flores y los frutos es extremadamente importante en la agricultura. La auxina y, más recientemente, el etileno se han utilizado industrialmente para tratar un gran número de especies vegetales.

Por otra parte, grandes cantidades de auxina provocan la caída de los frutos, porque causan una producción de etileno elevada. Con base en este hecho, la auxina se utiliza para el raleo de frutos en cultivos de olivos, manzanos y otros frutales (Raven, *et al.*, 1992).

2.4.3 Giberelinas

La giberelina es una fitohormona que retrasa los procesos de maduración, tiene un efecto antagónico con el etileno, actúa sobre los cambios de color, retrasando la pérdida de clorofilas y provocando la reverdización (formación de más cloroplastos), también tiene efecto el ablandamiento de los frutos, ya que disminuye la actividad de las poligalacturonasas, provocando que el fruto tarde más en ablandarse (Asenjo *et al.*, 2013).

Las giberelinas (diterpenoides ácidos), se sintetizan en plastidios, luego son modificados en el retículo endoplasmático y citosol hasta que llegan a su forma biológicamente activa. Las hojas jóvenes son los principales lugares de producción de giberelinas, que son translocadas vía floema al resto de la planta, las raíces también las producen, enviándolas al tallo vía xilema.

En las plantas, las giberelinas fisiológicamente más activas son la giberelina A1 (GA1), giberelina A4 (GA4) y el ácido giberélico (GA3) que aparece poco en plantas superiores (García Breijo, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material Vegetal

Los frutos de aguacate variedad Hass con pedúnculo y ramas fueron recolectados, en noviembre de 2015, en el “Huerto La Labor” de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. en Temascaltepec de González, Estado de México, con las siguientes coordenadas 19°02′39.4”N 099°58′35.62”W. El traslado de los frutos y ramas se hizo a temperatura ambiente al laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de Postgraduados campus Montecillos. Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillos, Texcoco, Estado de México.

3.2 Preparación de extractos

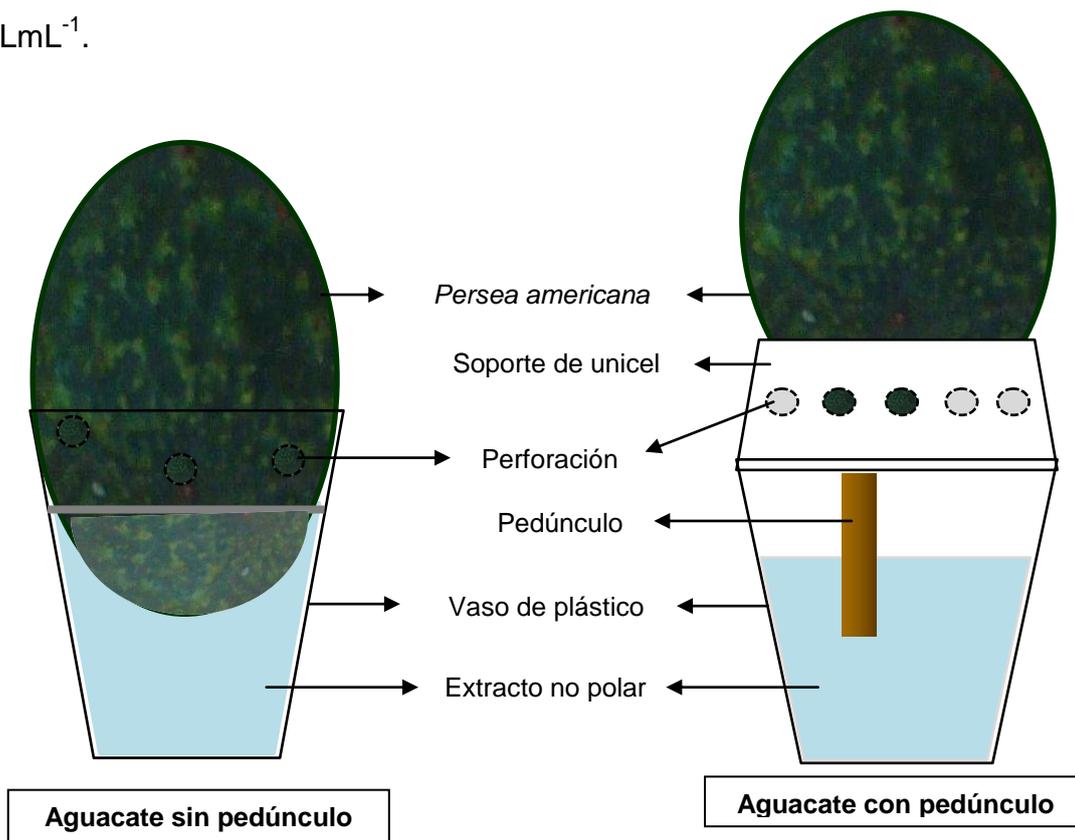
Las ramas, pedúnculos y hojas de aguacate fueron maceradas, por separado, en hexano durante 48 h. Transcurrido dicho tiempo cada una de las mezclas fueron filtradas. El filtrado obtenido fue evaporado al vacío en un rotavapor (Buchi® Rotavapor® R-3), para obtener el extracto y hexano. El hexano recuperado se utilizó para hacer una segunda extracción del material vegetal y se siguió el mismo procedimiento de maceración, extracción y evaporación, esto se repitió una vez más. Al final se juntaron los extractos. Cada uno de los extractos: de rama, pedúnculos y hojas fueron suspendidos en agua usando Tween 20 como dispersante. Para obtener las concentraciones de 100 y 200 ppm.

3.3 Tratamientos

Aplicación de extractos

Los frutos de aguacate con pedúnculos (FP) y sin pedúnculo (FSP) fueron tratados con los diferentes extractos no polares de ramas, pedúnculo y hojas de *Persea americana*. En vasos desechables de plástico se colocaron cada una de las suspensiones de los extractos, posteriormente los frutos de aguacate fueron fijados a los vasos, como se muestra en el Esquema 1. De cada tratamiento se hicieron cuatro repeticiones (Cuadro 1), como control se utilizaron dos disoluciones de ácido acetilsalicílico a 0.25 y 1 mgmL⁻¹ y como

blanco se utilizaron agua destilada y disolución acuosa de Tween 20 a $8.33 \times 10^{-5} \text{ mLmL}^{-1}$.



Esquema 1. Frutos de *Persea americana* Mill en extractos no polares.

Cuadro 1. Tratamientos con diferentes extractos no polares de *Persea americana* Mill.

Muestra	Concentración (ppm)
FPER	100
	200
FPEP	100
	200
FPEH	100
	200
FSPER	100
	200
FSPEP	100
	200
FSPEH	100
	200

ER: extracto de rama, EP: extracto de pedúnculo y EH: extracto de hoja. FP: Fruto con pedúnculo, FSP: Fruto sin pedúnculo.

Frutos de aguacate con ramas

Las ramas de *Persea americana* conteniendo al menos 4 frutos de aguacate fueron cortadas del árbol e inmediatamente se les colocó tela de manta cielo húmeda en el extremo de corte. Posteriormente se prepararon cuatro tratamientos: ramas de tamaño original conservando sus hojas (ROH), ramas de tamaño original sin hojas (ROSH), ramas a la mitad de su tamaño con hojas (RMH) y ramas a la mitad de su tamaño sin hojas (RMSH). Se consideraron cuatro repeticiones para cada uno de los tratamientos.

3.4 Variables medidas

Una vez aplicados los tratamientos (extractos hexánicos, control y blanco) a los frutos de aguacate (FP y FSP), se hicieron mediciones diarias de firmeza, color y diámetro ecuatorial, cada tercer día se midió la velocidad de respiración, esto hasta que los frutos llegaron a una firmeza de 1.

En el caso de los frutos en rama (ROH, ROSH, RMH y RMSH) se hicieron mediciones cada tercer día de color, firmeza, diámetro ecuatorial y longitud.

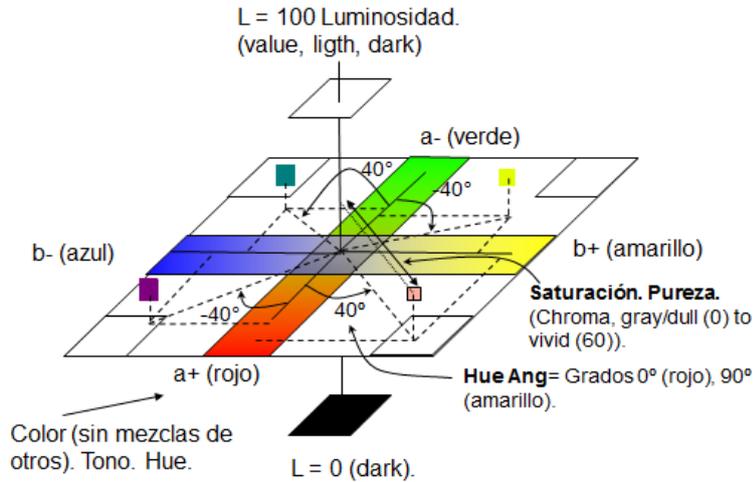
Firmeza

Se determinó de manera manual, empleando una escala hedónica de 5 a 1, donde niveles de 5= duro, 4= inicia ablandamiento, 3= ligeramente blando, 2= blando y 1= suave y muy blando.

Color

Se empleó la aplicación para Android de nombre Color Grab, para obtener los valores L, a, b. Después, se usan esos valores L, a, b, para determinar el ángulo de tono Hue y el índice de saturación aplicando la ecuación 1 y 2 respectivamente, considerando el Esquema 2.

L, a, b Color Solid



Elaborado por el Dr. Sergio Humberto Chávez

Esquema 2. Determinación del ángulo de tono Hue e índice de saturación.

Ecuaciones:

1.- Índice de Saturación, Pureza= $\sqrt{a^2+b^2}$**ecuación 1**

2.- Ángulo de tono Hue= Grados (Arc tan (b/a)).....**ecuación 2**

Velocidad respiratoria

La medición de CO₂ se llevó a cabo siguiendo el método de Saltveit y Sharaf (1992). El dióxido de carbono y temperatura fueron monitoreados con un dispositivo Telaire® 7001; en un recipiente de plástico de 5 litros se colocó un fruto y sellado de forma hermética se realizaron mediciones de CO₂ durante una hora cada tercer día a temperatura ambiente.

Para determinar la velocidad de respiración se utilizó la ecuación 3:

$$VeIR \left(\frac{mL(CO_2)}{kg\ h} \right) = \frac{\%(CO_2\ resp) \times VolTotal(m\ L)}{100 \times Peso(kg) \times Tiempo(h)} \dots\dots\dots \mathbf{ecuación\ 3}$$

% CO₂resp= Porcentaje de CO₂ determinado.

VolTotal (mL)= Volumen total del recipiente en mililitros.

Peso (kg)= Peso del fruto en Kilogramos.

Tiempo (h)= Tiempo en que se determinó el CO₂ en horas.

Diámetro ecuatorial y longitud

Se etiquetaron los extremos de la zona ecuatorial y de la parte longitudinal del fruto, con la finalidad de llevar un control de las mediciones; estas fueron determinadas con un vernier digital marca Truper, en milímetros.

3.5 Diseño experimental y análisis estadístico

Para los frutos tratados con diferentes extractos no polares, se realizaron análisis transversales a través de un experimento factorial de 2x2 en un diseño experimental de bloques aleatorios (ecuación 4); considerando como bloques los árboles de donde fueron colectados los frutos y como tratamientos los extractos a los que fueron sometidos los aguacates, además de hacer los análisis longitudinales en relación a la firmeza y diámetro ecuatorial.

Para el caso de las ramas con frutos se empleó un diseño experimental completamente al azar (ecuación 5) para las variables firmeza, diámetro ecuatorial y longitud, donde la unidad experimental fue el aguacate y los tratamientos fueron el tamaño de rama, como la presencia o no de hojas.

Se empleó una comparación de vectores de medias usando el análisis multivariado para las mediciones de color.

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots \text{ecuación 4}$$

Donde:

y_{ij} : Variable medida por el i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

μ : Constante que caracteriza a la población.

α_i : Efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j : Efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ij} : Error experimental $\varepsilon_{ij} \sim \text{IIN}(0, \sigma^2)$.

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots\text{ecuación 5}$$

Donde:

y_{ij} : Variable medida por el i-ésimo tratamiento en su j-ésimo repetición.

μ : Constante que caracteriza a la población.

α_i : Efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} : Error experimental $\varepsilon_{ij} \sim \text{IIN}(0, \sigma^2)$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Frutos de aguacate con extractos

4.1.1 Grado de madurez

El contenido de materia seca de los frutos cosechados fue de 25.88%, el cual cumple con lo especificado por Cerdas, *et al.* (2014); un contenido mínimo de 23% de materia seca es útil como índice de cosecha, pues cuando se alcanza ese valor el aguacate tiene un buen desarrollo de color morado y la adherencia semilla pulpa- cáscara se reduce así como la firmeza. Los resultados cumplen con las especificaciones establecidas en la norma NMX-FF-016-SCFI-2006, la cual considera que el fruto de aguacate alcanza su grado de madurez fisiológica con un contenido mínimo de materia seca del 21.5%.

4.1.2 Firmeza

La firmeza inicial que presentaron los frutos, una vez cosechados y colocados en los extractos, fue de 5. Conforme fueron transcurriendo los días la firmeza fue disminuyendo hasta llegar a 1. Esto considerando una escala hedónica de 5 a 1, donde 5 representa una mayor firmeza.

Al término de todo el periodo de evaluación de los frutos se realizó un análisis longitudinal, el cual nos indica que los extractos no presentaron diferencia significativa en relación a la firmeza de los aguacates con un $Pr > F = 0.9978$, esto cumpliéndose el criterio de convergencia (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de los extractos no polares en la firmeza de frutos de *Persea americana* Mill.

Type 3 Tests of Fixed Effects						
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F
Extractos	9	47	1.33	0.15	0.9982	0.9978
TIME	7	47	949.53	135.65	<.0001	<.0001
Extractos*TIME	63	47	52.03	0.83	0.8364	0.7625

Num DF: Grados de libertad del numerador, Den DF: Grados de libertad del denominador.

La presencia o no de pedúnculo durante el periodo de evaluación mostró diferencia significativa en relación a la firmeza de los aguacates con un $Pr > F = 0.0002$, esto cumpliéndose el criterio de convergencia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la presencia de pedúnculo en la firmeza de frutos de *Persea americana* Mill.

Type 3 Tests of Fixed Effects						
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F
Pedúnculo	1	55	15.71	15.71	<.0001	0.0002
TIME	7	55	1247.18	178.17	<.0001	<.0001
Pedúnculo*TIME	7	55	16.20	2.31	0.0234	0.0384

Num DF: Grados de libertad del numerador, Den DF: Grados de libertad del denominador.

Para apoyar los resultados del análisis longitudinal, se realizó un análisis transversal en los diferentes días de evaluación de los frutos, donde los extractos no tuvieron diferencias significativas en la firmeza.

A los ocho, diez, doce y catorce días posteriores de la cosecha, los extractos no mostraron diferencia significativa en relación a la firmeza de los frutos con un $Pr > F = 0.7189$, $Pr > F = 0.2690$, $Pr > F = 0.6625$ y $Pr > F = 0.9969$, respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Firmeza de aguacate “Hass” con extractos no polares a los ocho, diez, doce y catorce días postcosecha.

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y						
Tukey Agrupamiento	N	Tratamiento	Media a los 8 días	Media a los 10 días	Media a los 12 días	Media a los 14 días
A	6	Ácido acetilsalicílico (1mgmL ⁻¹)	5.0000	4.1667	3.1667	1.8333
A						
A	6	Extracto de hoja (200ppm)	5.0000	3.8333	3.3333	1.6667
A						
A	6	Extracto de pedúnculo (200ppm)	5.0000	4.1667	3.0000	1.8333
A						
A	3	Testigo	5.0000	4.0000	3.3333	1.6667
A						
A	6	Extracto de hoja (100ppm)	4.8333	4.3333	3.5000	1.8333
A						
A	6	Extracto de pedúnculo (100ppm)	4.8333	4.1667	3.0000	1.5000
A						
A	6	Agua destilada	4.8333	4.0000	3.1667	1.6667
A						
A	6	Extracto de rama (200ppm)	4.8333	4.6667	3.0000	1.8333
A						
A	6	Extracto de rama (100ppm)	4.6667	3.8333	3.0000	1.6667
A						
A	6	Ácido acetilsalicílico (0.25mgmL ⁻¹)	4.6667	4.1667	3.1667	1.6667
A						
A	6	Tween (8.33x10 ⁻⁵ mLmL ⁻¹)	4.6667	3.0000	2.6667	2.0000

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

La presencia o no de pedúnculo en los aguacates, mostró diferencias significativas en la firmeza con forme iban pasando los días, en el análisis transversal.

A los ocho días después de cosecha, la presencia de pedúnculo no mostró una diferencia significativa en relación a la firmeza de los frutos con un $Pr > F = 0.0681$ (Cuadro 5).

Cuadro 5. Firmeza de aguacate “Hass” con y sin pedúnculo a los ocho días postcosecha.

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y			
Tukey Agrupamiento	Media	N	Pedúnculo
A	4.9333	30	FP
A			
A	4.7576	33	FSP

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

Diez días después de cosecha la presencia de pedúnculo tuvo una diferencia significativa con un $Pr > F = 0.0137$ (Cuadro 6).

Cuadro 6. Firmeza de aguacate “Hass” con y sin pedúnculo a los diez días postcosecha.

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y			
Tukey Agrupamiento	Media	N	Pedúnculo
A	4.3333	30	FP
B	3.7576	33	FSP

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

A los doce días después de cosecha la presencia de pedúnculo muestra una diferencia significativa con un $Pr > F = 0.0224$ (Cuadro 7).

Cuadro 7. Firmeza de aguacate “Hass” con y sin pedúnculo a los doce días postcosecha.

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y			
Tukey Agrupamiento	Media	N	Pedúnculo
A	3.3000	30	FP
B	2.9394	33	FSP

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

Catorce días después de la cosecha la presencia de pedúnculo muestra una diferencia significativa con un $Pr > F = 0.0026$ (Cuadro 8).

Cuadro 8. Firmeza de aguacate “Hass” con y sin pedúnculo a los catorce días postcosecha.

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y			
Tukey Agrupamiento	Media	N	Pedúnculo
A	2.1000	30	FP
B	1.4242	33	FSP

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

El análisis transversal a partir del día diez después de la cosecha muestra que la presencia de pedúnculo es un factor relevante en la firmeza del fruto, pues lo mantiene más firme a diferencia de los frutos sin pedúnculo. Esto concuerda con Cerdas, *et al.*, 2006, quienes mencionan que durante la cosecha el corte del fruto debe hacerse de tal manera que se deje un pedúnculo de 0.5 cm de largo, para evitar la aceleración de la maduración, el deterioro rápido del aguacate y la susceptibilidad a la entrada de patógenos.

Por otra parte Proctor y Miesle (1991) mencionan que la maduración del fruto se debe a la pérdida de firmeza, la cual está estrechamente relacionada con la

alteración enzimática de la laminilla media y pared celular de los frutos, las cuales están constituidas principalmente por sustancias pécticas, celulosa y hemicelulosa. Dicho lo anterior se puede hacer referencia a que la presencia de pedúnculo evita una rápida maduración en el fruto, actuando de esta manera como un retardador de la maduración.

La presencia de los extractos no tuvo un efecto significativo en la firmeza de los frutos, esto se puede atribuir a que las concentraciones empleadas, probablemente fueron bajas.

4.1.3 Color

A lo largo del tiempo, se observó una disminución en los valores de la coordenada “L” (luminosidad), un cambio de valores negativos a positivos en el caso de la coordenada “a” y una disminución de la coordenada “b”, esto concuerda con Márquez, *et al.*, (2014), quienes mencionan que la luminosidad de frutos de aguacate decreció continuamente durante toda la etapa de postcosecha, mientras la coordenada “a” en la epidermis de los frutos presentó valores más negativos cuando estos eran inmaduros (días 1 a 3 de postcosecha) lo cual corresponde a una mayor intensidad en la tonalidad verde, luego mostraron un crecimiento que se intensificó en la etapa de madurez de consumo, mostrando valores positivos, por lo que hay una disminución de la tonalidad verde, probablemente asociado con la degradación de la clorofila b, por acción enzimática, hidrolizándose a clorofilida y fitol, presentando el color oscuro característico de los frutos de aguacate cv. Hass. La coordenada “b” se presume está asociada a la clorofila a y al reducir su concentración con la maduración, igualmente ocasiona una disminución de la coordenada “b”.

A partir de los ocho hasta catorce días posteriores de la cosecha, se encontraron diferencias significativas en las coordenadas de color (L, a, b) respecto a la presencia de pedúnculo en los frutos, esto con una comparación de vectores de medias usando un análisis multivariado con un $Pr > F = <.0001$ (Figura 1).

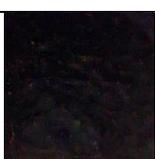
8 DÍAS DESPUÉS DE COSECHA		
Pedúnculo	Coordenadas (L, a, b)	Color
Con pedúnculo	(15.6025000, -4.65750000, 6.55000000)	
Sin pedúnculo	(19.1886364, -5.16818182, 9.36590909)	
10 DÍAS DESPUÉS DE COSECHA		
Con pedúnculo	(13.4900000, -1.16000000, 4.61500000)	
Sin pedúnculo	(15.2545455, -0.40909091, 6.50454545)	
12 DÍAS DESPUÉS DE COSECHA		
Con pedúnculo	(11.8950000, 1.94500000, 3.45500000)	
Sin pedúnculo	(12.7045455, 2.19090909, 4.92727273)	
14 DÍAS DESPUÉS DE COSECHA		
Con pedúnculo	(9.97250000, 4.10250000, 2.30250000)	
Sin pedúnculo	(9.17954545, 4.45681818, 3.33863636)	

Figura 1. Cambios de color en la epidermis de frutos “Hass” a los 8, 10, 12 y 14 días postcosecha.

Algunos extractos aplicados a los frutos permitieron ver diferencias significativas en el color de la epidermis en los días ocho, diez y catorce postcosecha, a través de las coordenadas de color (L, a, b).

El ácido acetilsalicílico (1mgmL^{-1}) y agua destilada mostraron una diferencia significativa a los ocho días postcosecha con un valor de $\text{Pr} > \text{F} = 0.0059$ (Figura 2).

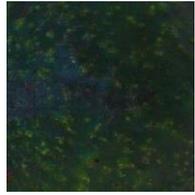
Extracto	Coordenadas (L, a, b)	Color
Ácido acetilsalicílico (1mgmL^{-1})	(17.2625000, -5.42500000, 9.48750000)	
Agua destilada	(18.9625000, -4.91250000, 8.18750000)	

Figura 2. Color en la epidermis de frutos “Hass” tratados con ácido acetilsalicílico (1mg mL^{-1}) y agua destilada.

A los diez días postcosecha el ácido acetilsalicílico (1mgmL^{-1}) y extracto de pedúnculo (200ppm) tuvieron diferencia significativa con un valor de $\text{Pr} > \text{F} = 0.0083$ (Figura 3), además del ácido acetilsalicílico (1mgmL^{-1}) y el extracto pedúnculo (100ppm) con un $\text{Pr} > \text{F} = 0.0074$ (Figura 4).

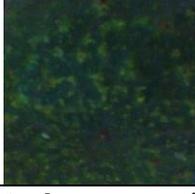
Extracto	Coordenadas (L, a, b)	Color
Ácido acetilsalicílico (1mgmL^{-1})	(13.4500000, -0.61250000, 6.23750000)	
Pedúnculo (200ppm)	(16.9125000, -0.95000000, 6.26250000)	

Figura 3. Color en la epidermis de frutos “Hass” tratados con ácido acetilsalicílico (1mg mL^{-1}) y extracto de pedúnculo (200ppm).

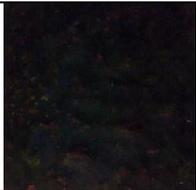
Extracto	Coordenadas (L, a, b)	Color
Ácido acetilsalicílico (1mgmL ⁻¹)	(13.4500000, -0.61250000, 6.23750000)	
Extracto de pedúnculo (100ppm)	(16.5750000, -0.93750000, 5.98750000)	

Figura 4. Cambios de color en la epidermis de los frutos tratados con ácido acetilsalicílico (1mgmL⁻¹) y extracto de pedúnculo (100ppm).

Los tratamientos de extracto de pedúnculo (200ppm) y rama (200ppm) mostraron diferencias significativas a los catorce días postcosecha con un valor de $Pr > F = 0.0061$ (Figura 5).

Extracto	Coordenadas (L, a, b)	Color
Extracto de pedúnculo (200ppm)	(11.7875000, 5.53750000, 3.75000000)	
Extracto de rama (200ppm)	(6.9500000, 3.78750000, 1.43750000)	

Figura 5. Color en la epidermis de frutos “Hass” tratados con ácido acetilsalicílico (1mg mL⁻¹) y extracto de pedúnculo (100ppm).

Como se puede notar en la Figura 1, la presencia de pedúnculo en el aguacate durante su evaluación con los diferentes extractos hizo que este se mantuviera con una mayor coloración verde a diferencia de los frutos sin pedúnculo que iban adquiriendo de manera más rápida la tonalidad oscura.

En relación a los tratamientos, inicialmente el ácido acetilsalicílico (1mgmL⁻¹) mostro una mayor efectividad para mantener la coloración verde del fruto como se observa en la Figura 2, conforme fueron transcurriendo los días (diez y catorce días postcosecha) el extracto de pedúnculo a 100 y 200ppm, al igual que el extracto de rama a 200ppm mostraron un mayor efecto en la coloración.

En el Cuadro 9 se puede observar el número de días en que los aguacates con los diferentes tratamientos permanecieron de color verde, después de ser cosechados.

Cuadro 9. Días de coloración verde de los frutos “Hass” en postcosecha

Tratamiento	Días que se mantuvo verde el fruto, una vez cosechado
Ácido acetilsalicílico (0.25mgmL ⁻¹)	9
Ácido acetilsalicílico (1mgmL ⁻¹)	10
Agua destilada	9
Extracto de hoja (100ppm)	8
Extracto de hoja (200ppm)	8
Extracto de pedúnculo (100ppm)	9
Extracto de pedúnculo (200ppm)	10
Extracto de rama (100ppm)	9
Extracto de rama (200ppm)	10
Tween (8.33x10 ⁻⁵ mLmL ⁻¹)	8
Testigo	8

Considerando la relación que existe entre el color de la cáscara del fruto y su grado de madurez, podemos decir que el ácido acetilsalicílico, los extractos de pedúnculo y rama retardaron la maduración, al igual que la presencia de pedúnculo, esto reafirma la idea de Peter *et al.*, 1975, acerca de que el pedúnculo y el tallo de aguacate pueden actuar como una fuente de hormona inhibidora de la maduración, como se mencionó anteriormente por Biale, J. B. 1960, además que estos investigadores sugieren que el pedúnculo está suministrando una auxina a la fruta; por lo que se inicia la maduración del aguacate, sólo cuando se agota la fuente de auxina y su nivel en la fruta se reduce a un valor crítico.

Para el caso del ácido acetilsalicílico, derivado del ácido salicílico, este reduce la síntesis de etileno y en algunas especies esto origina un retardo de la senescencia Martínez *et al.*, 2004.

4.1.4 Velocidad respiratoria

Los frutos presentaron el típico patrón climatérico, en condiciones de temperatura ambiente se tomaron lecturas con un monitor de dióxido de carbono y temperatura (Telaire® 7001). Los frutos alcanzaron un máximo climatérico al día nueve después de cosecha con un valor de 85.57 mL de CO₂ kg⁻¹h⁻¹ (Figura 6), lo que concuerda con López-López y Cajuste-Bontemps, (1999).

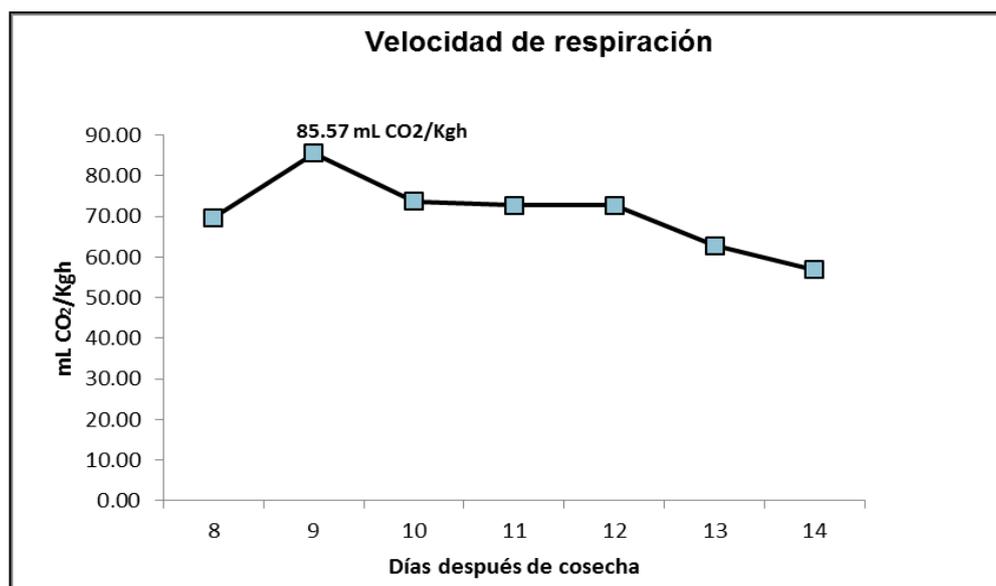


Figura 6. Comportamiento de la respiración de frutos “Hass” en condiciones de temperatura ambiente.

4.1.5 Diámetro ecuatorial

Al ir transcurriendo los días, se apreciaron disminuciones de 3 milímetros en promedio del diámetro ecuatorial a los catorce días postcosecha (Figura 7), lo que se atribuye a la pérdida de agua en los frutos, ocasionado por el proceso de transpiración, donde factores internos; características morfológicas, anatómicas, la relación entre la superficie y el volumen, daños en la superficie, y el estado de madurez del fruto influyen (Kader, 2002).

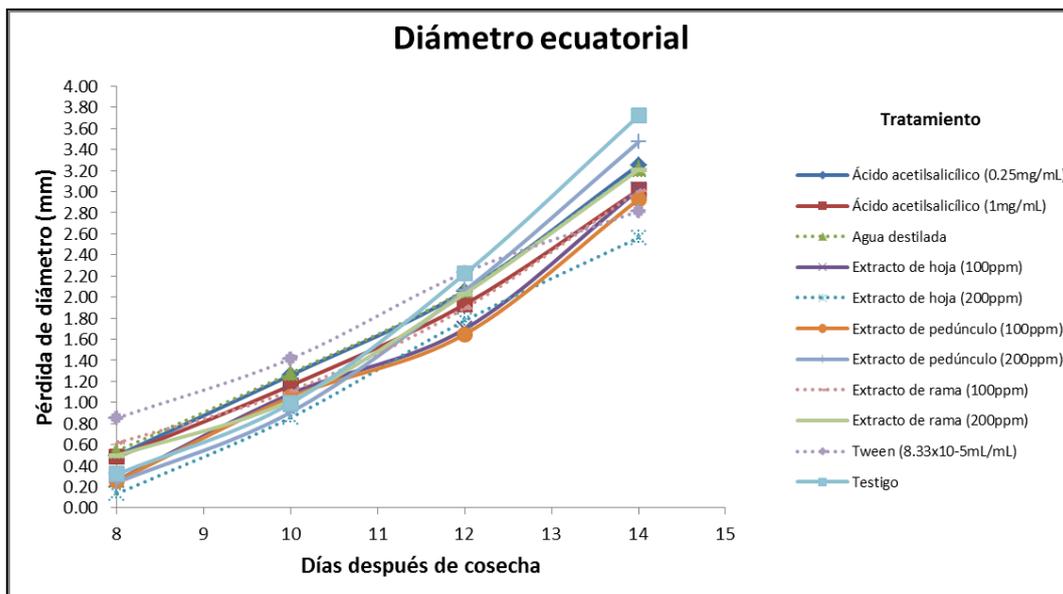


Figura 7. Pérdida de diámetro ecuatorial en frutos “Hass” con extractos no polares.

4.1.6 Relación velocidad de respiración-diámetro- color y firmeza.

Empleando la metodología de regresión lineal con los datos de velocidad de respiración, diámetro ecuatorial, las coordenadas de color (L, a, b) y la firmeza de los frutos, a través del programa SAS 9.0 (Statistical Analysis System) se pudieron obtener los siguientes resultados:

$$\text{Velocidad de Respiración} = 27.48 + 0.3817 (D) + 3.08143 (L) - 1.43655(a) - 4.6826 (b)$$

Dónde:

D= Diámetro (mm)

L= Coordenada de color L

a= Coordenada de color a

b= Coordenada de color b

$$\text{Firmeza} = -13.21 + 0.0180 (R) + 0.2447 (D) + 0.1626 (L) - 0.1267 (a) - 0.2610 (b)$$

Dónde:

R= Velocidad de Respiración (mL de CO₂ kg⁻¹h⁻¹)

D= Diámetro (mm)

L= Coordenada de color L

a= Coordenada de color a

b= Coordenada de color b

Los resultados anteriores indican que la medición de la Velocidad de Respiración y la Firmeza (Con valores de $R^2= 0.482$ y $Pr > F= 0.0034$, $R^2= 0.742$, $Pr > F= <.0001$, respectivamente) se pueden estimar usando las variables de diámetro ecuatorial y las coordenadas de color (L, a, b). Lo anterior se sugiere como una buena opción para medir este tipo de variables sin la destrucción del fruto, lo cual usualmente se requiere cuando se usan equipos como el Texturómetro. Por supuesto el resultado anterior será útil para la variedad estudiada “Hass” y bajo las especificaciones de medición consideradas en el presente estudio. Naturalmente, los resultados respecto a esta tipo de inferencias se pueden hacer para otras variedades de aguacate.

A continuación se muestra un ejemplo de determinación de velocidad de respiración y firmeza:

Para una velocidad de respiración de $64.47 \text{ mL de CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, se tienen los valores de: Diámetro=63.94, L=16.40, a=2.4 y b=7.10. Considerando el resultado obtenido en la metodología de regresión lineal, se tiene:

$$\text{Velocidad de Respiración} = 27.48 + 0.3817 (63.94) + 3.08143 (16.40) - 1.43655 (2.4) - 4.6826 (7.10) = \mathbf{65.73 \text{ mL de CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}}$$

$$\text{Firmeza} = -13.21 + 0.0180 (64.47) + 0.2447 (63.94) + 0.1626 (16.40) - 0.1267 (2.4) - 0.2610 (7.10) = \mathbf{4.1}$$

4.2 Frutos de aguacate con ramas

4.2.1 Firmeza

Con la ayuda de análisis transversales, se encontró que la presencia o ausencia de hojas en las ramas no mostraron diferencias significativas en relación a la firmeza.

A los cuatro, seis y ocho días después de la colecta, la presencia de hojas en las ramas no tuvo un efecto significativo en la firmeza de los frutos, esto con una significancia de $Pr>F = 0.8782$, $Pr>F = 0.9769$ y $Pr>F = 0.5624$, respectivamente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Firmeza de frutos de aguacate “Hass” en ramas con y sin hojas a los cuatro, seis y ocho días después de colecta.

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y					
Tukey Agrupamiento	N	Hojas	Media a los 4 días	Media a los 6 días	Media a los 8 días
A	8	Sin hojas	4.1150	3.5075	2.8400
A					
A	8	Con hojas	4.0600	3.5200	3.1550

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

En el tamaño de las ramas; entera y mitad, no se encontraron diferencias significativas en relación a la firmeza, a través de los análisis transversales.

A los cuatro, seis y ocho días después de la colecta, el tamaño de las ramas no tuvo un efecto significativo en la firmeza de los frutos, esto con una significancia de $Pr>F = 0.5073$, $Pr>F = 0.5201$ y $Pr>F = 0.2619$, respectivamente (Cuadro 11).

Cuadro 11. Firmeza de frutos de aguacate “Hass” en ramas enteras y a la mitad a los cuatro, seis y ocho días después de colecta.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

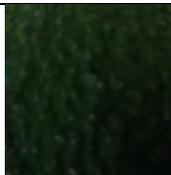
Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y					
Tukey Agrupamiento	N	Tamaño de la rama	Media a los 4 días	Media a los 6 días	Media a los 8 días
A	8	Mitad	4.2075	3.6538	3.3088
A					
A	8	Entera	3.9675	3.3738	2.6863

Tanto el tamaño de las ramas como la presencia de hojas no presentaron alguna diferencia significativa en la firmeza de los frutos, esto se puede

comprobar con lo descrito por Peter *et al.*, 1975, donde mencionan que la abscisión y posterior maduración de los frutos de aguacate unidos a la rama no se retrasa por la presencia o proximidad de las hojas en las ramas y por lo tanto, no apoyan la hipótesis de que las hojas son una fuente de inhibidor de la maduración descrita por Burg and Burg. Aunado a la presencia de las hojas, los autores Peter *et al.*, 1975, también hacen referencia a que la rama ya sea en tamaño completo o a la mitad, no está involucrada con la firmeza del fruto mientras este se encuentre unido a ella, debido a que la abscisión del aguacate ocurre antes de cualquier ablandamiento, es decir, la maduración del fruto y por consecuente los cambios de su firmeza se da hasta el momento de abscisión en la rama.

4.2.2. Color

La presencia de hojas en las ramas reflejo diferencias significativas en el análisis multivariado a los cuatro, seis y ocho días después de su colecta, con respecto al color de la epidermis del fruto (Figura 8), con valores de $Pr > F= 0.0045$ a los cuatro días, $Pr > F= 0.0020$ a los seis y $Pr > F= 0.0022$ a los ocho días.

4 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Hojas	Coordenadas (L, a, b)	Color
Con hojas	(25.1062500, -9.51875000, 7.62500000)	
Sin hojas	(15.7300000, -7.08750000, 5.78500000)	
6 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Con hojas	(20.3925000, -6.75000000, 5.68375000)	

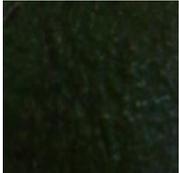
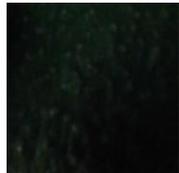
Sin hojas	(12.9562500, -3.73000000, 4.03375000)	
8 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Con hojas	(16.7587500, -3.77750000, 3.36000000)	
Sin hojas	(10.5050000, -1.76750000, 2.41375000)	

Figura 8. Cambios de color en la epidermis de frutos “Hass” en ramas con y sin hojas a los 4, 6, y 8 días posteriores de su colecta.

El tamaño de las ramas; enteras o a la mitad de su tamaño original, de igual manera tuvo diferencias significativas en el análisis multivariado a los cuatro, seis y ocho días después de su colecta, con valores de $Pr > F = 0.0577$, $Pr > F = 0.0432$ y $Pr > F = 0.0248$ respectivamente, esto en relación a las coordenadas de color (L, a, b) presentes en la epidermis del fruto (Figura 9).

4 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Tamaño de la rama	Coordenadas (L, a, b)	Color
Entera	(18.2150000, -7.91250000, 6.67000000)	
Mitad	(22.6212500, -8.69375000, 6.74000000)	
6 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Entera	(14.6312500, -4.79125000, 4.69375000)	

Mitad	(18.7175000, -5.68875000, 5.02375000)	
8 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Entera	(11.6837500, -1.60375000, 2.38375000)	
Mitad	(15.5800000, -3.94125000, 3.39000000)	

Figura 9. Cambios de color en la epidermis de frutos “Hass” en ramas enteras y a la mitad a los 4, 6, y 8 días posteriores de su colecta.

Como se muestra en Figura 8, la presencia de hojas en las ramas hizo que el color verde de los frutos se mantuviera más a diferencia de las ramas sin hojas, esto se puede deber a lo sugerido por Burg, (1964): las hojas son la fuente de los inhibidores de maduración.

En relación al tamaño de la rama, en la Figura 9 se observa que las coordenadas (L, a, b) que denotan una mayor coloración verde son las de frutos presentes en ramas a la mitad de su tamaño original.

Los resultados obtenidos en las ecuaciones de índice de saturación (IS) y ángulo de tono ($^{\circ}h$) durante el análisis de los frutos tuvo un comportamiento esperado durante su maduración, es decir se reportaron disminuciones en el IS, teniendo valores iniciales de índice de saturación igual a 20.2 y al final de 0.9, lo que concuerda con López-López y Cajuste-Bontemps (1999), que encontraron valores iniciales en la cáscara de aguacate “Hass” de 50 hasta llegar a 0 conforme avanzó la maduración. El ángulo de tono ($^{\circ}h$) presentó un aumento, teniéndose valores iniciales de -88.4° llegando durante la maduración del fruto a 81.7° .

4.2.3 Diámetro ecuatorial y longitud

Se apreciaron disminuciones de 3 milímetros en promedio del diámetro ecuatorial y la longitud de los frutos, a los ocho días después de la colecta de ramas (Figura 10 y 11), sin embargo existió pérdida de longitud de hasta 6 milímetros a los dieciséis días postcosecha. Esto se pudo deber a la pérdida de agua en los frutos.

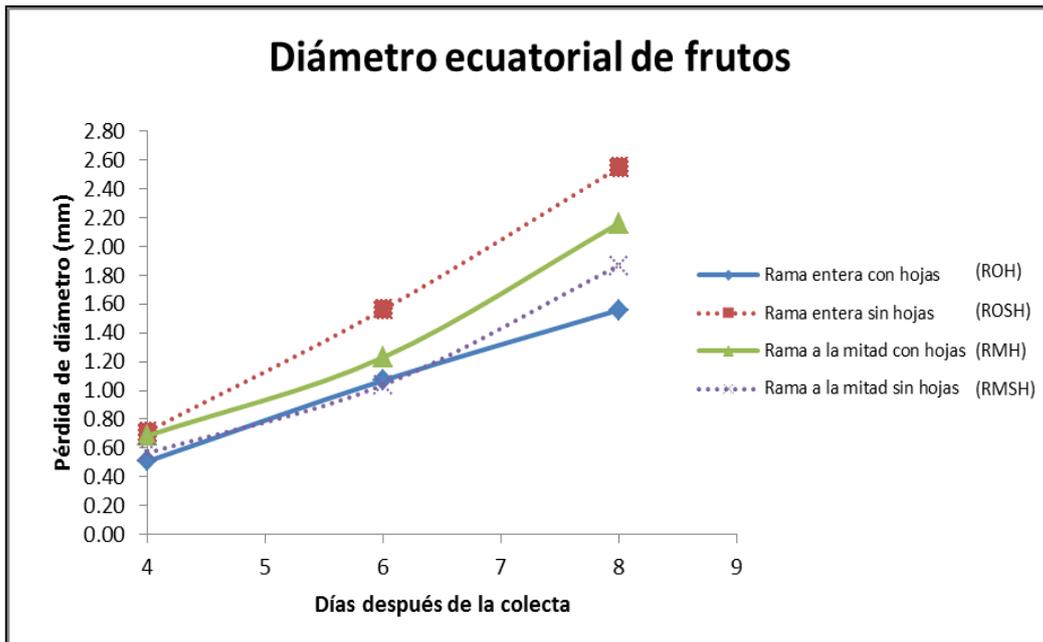


Figura 10. Pérdida de diámetro ecuatorial en frutos “Hass” con ROH, ROSH, RMH y RMSH.

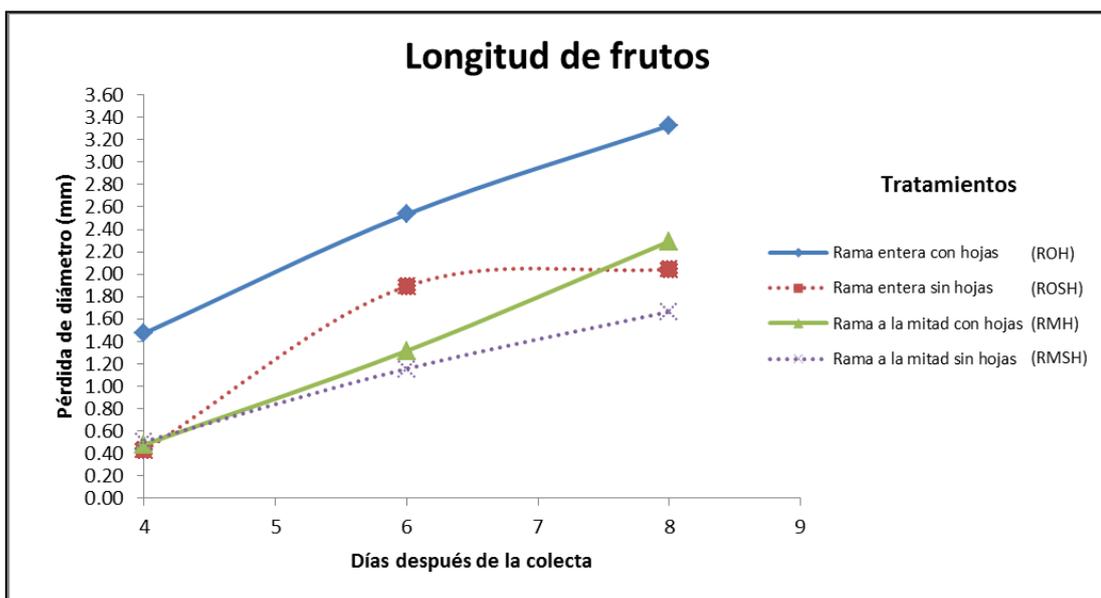


Figura 11. Pérdida de longitud en frutos “Hass” con ROH, ROSH, RMH y RMSH.

Pese a que las mediciones mostraron cambios en el diámetro y longitud inicial respecto al final, al realizar los análisis estadísticos correspondientes no se encontraron diferencias significativas en relación a los extractos y a la presencia de pedúnculo.

A través de análisis transversal y longitudinal, los extractos no tuvieron diferencias significativas con un valor de $Pr > F = 0.2389$, cumpliéndose el criterio de convergencia (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de los extractos no polares en el diámetro ecuatorial de frutos de *Persea americana* Mill.

Type 3 Tests of Fixed Effects						
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F
Extractos	11	51	14.56	1.32	0.2034	0.2389
TIME	7	51	616.51	88.07	<.0001	<.0001
Extractos*TIME	77	51	83.42	1.08	0.2888	0.3843

Num DF: Grados de libertad del numerador, Den DF: Grados de libertad del denominador.

La presencia de pedúnculo no mostro diferencias significativas en los análisis transversal y longitudinal, con un valor de $Pr > F = 0.5154$, cumpliéndose el criterio de convergencia (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de la presencia de pedúnculo en el diámetro ecuatorial de frutos de *Persea americana* Mill.

Type 3 Tests of Fixed Effects						
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F
Pedúnculo	1	61	0.43	0.43	0.5129	0.5154
TIME	7	61	829.49	118.50	<.0001	<.0001
Pedúnculo*TIME	7	61	12.20	1.74	0.0940	0.1156

Num DF: Grados de libertad del numerador, Den DF: Grados de libertad del denominador.

El tamaño de la rama y la presencia de hojas no tuvieron un efecto significativo en el diámetro ecuatorial de los fruto a los cuatro, seis y ocho días posteriores a su colecta (Cuadro 14).

Cuadro 14. Diámetro ecuatorial de frutos “Hass” con ramas enteras, a la mitad, con y sin hojas.

Procedimiento GLM		
Medias de cuadrados mínimos		
4 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Rama	Y LSMEAN	H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
Entera	58.5903560	0.9233
Mitad	58.5751158	
Con hojas	58.6036013	0.7971
Sin hojas	58.5618705	
6 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Entera	57.8841467	0.5187
Mitad	58.0672012	
Con hojas	58.0513030	0.6012
Sin hojas	57.9000449	
8 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Entera	57.1702137	0.9812
Mitad	57.1585468	
Con hojas	57.2815553	0.6450
Sin hojas	57.0472052	

En la longitud de los frutos, la presencia de hojas y tamaño de la rama no mostraron un efecto significativo a los cuatro, seis y ocho días posteriores a su colecta (Cuadro 15).

Cuadro 15. Longitud de frutos “Hass” con ramas enteras, a la mitad, con y sin hojas.

Procedimiento GLM		
Medias de cuadrados mínimos		
4 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Rama	Y LSMEAN	H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
Entera	84.9056714	0.0627
Mitad	85.4280786	
Con hojas	84.9327420	0.0873
Sin hojas	85.4010080	
6 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Entera	83.6270844	0.1405
Mitad	84.6979156	
Con hojas	83.9914781	0.6180
Sin hojas	84.3335219	
8 DÍAS DESPUÉS DE COLECTA		
Entera	83.1436603	0.3450
Mitad	83.965089	
Con hojas	83.1135021	0.3071
Sin hojas	83.9952479	

5. CONCLUSIONES

- 1) La presencia de pedúnculo en los frutos de aguacate permitió retrasar su maduración, teniendo estos una mayor firmeza y coloración verde a diferencia de los frutos sin pedúnculo.
- 2) El ácido acetilsalicílico, los extractos hexánicos de pedúnculo y rama permitieron que la coloración verde de la epidermis de los aguacates se mantuviera por más tiempo (dos días más que el testigo), evitando una rápida maduración en los frutos.
- 3) La pérdida de agua en los frutos ocasionó una disminución en su diámetro ecuatorial y longitud, de 3 milímetros en promedio.
- 4) Las hojas de aguacate podrían contener una sustancia (hormona) retardadora de la maduración, ya que los frutos que se encontraban en ramas con hojas tuvieron la epidermis más verde a diferencia de las ramas sin hojas.
- 5) La mayor concentración del ácido acetilsalicílico (1mgmL^{-1}), tuvo un efecto favorable en el color de los frutos al inicio de su maduración.
- 6) Los extractos no mostraron efecto en relación a la firmeza y el diámetro ecuatorial de los frutos.
- 7) El patrón climatérico de los frutos tratados con extractos fue típico, alcanzaron un máximo climatérico al día nueve después de cosecha con un valor de $85.57\text{ mL de CO}_2\text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$.
- 8) El tamaño de las ramas no afectó el comportamiento de los frutos, debido a que estos empiezan a madurar una vez presentada la abscisión.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer evaluaciones de los extractos vegetales a mayores concentraciones.
- Manejar al menos tres concentraciones diferentes para cada extracto.
- Identificar las fitohormonas presentes en los extractos empleados.
- Ampliar la investigación respecto a los compuestos que se encuentran en el pedúnculo.
- Cuantificar las clorofilas y antocianinas totales en la cáscara de los frutos de aguacate para dar seguimiento a su maduración.
- Elegir parámetros cuantitativos para evaluar la maduración de los frutos.

7. LITERATURA CITADA

Abeles, F.B., (1973). Ethylene in Plant Biology. Academic Press, New York.

Agrela Irma F., Hidalgo Yessika y Herrera Flor. 2014. Efecto larvicida de extractos metanólicos obtenidos de semillas y hojas de *Persea americana* (Laurales: Lauraceae) (aguacate) sobre *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Boletín de malariología y salud ambiental, Vol. LIV (2): 199-207.

Asenjo Vera Judit, Morales de los Rios Martín Laura, Sainz Urruela Raquel, Tapia Hernández Lidia. 2013. Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos. Pp. 5

Barrientos-Priego A F, L López-López (1998) Historia y genética del aguacate. In: Memoria Fundación Salvador Sánchez Colin. CICTAMEX S.C. Coatepec Harinas, México. pp:33-51.

Biale, J. B. 1960. Respiration of fruits. *Handbuch der Pflanzenphysiologie* 12:536-592.

Biale, J.B.; Young, R.E., The avocado pear. En: Hulme A.C. (Ed.). The biochemistry of fruits and their products. (1971) Vol. 2 London Academic Press, pp. 2-63.

Bleinroth, E.W.; Castro, J.V. Matéria prima. In: ITAL. Abacate cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2.ed. Série Frutas Tropicais. Campinas: ITAL, 1992. Cap.2, p.58-147.

Bower, J. and Cutting, J. 1988. Avocado fruit development and ripening physiology. Hort. Rev. 10: 229-271.

Burg and Burg. 1964. Evidence of a naturally occurring inhibitor of ripening. *Plant Physiol.* 39: (suppl) x

Cerdas M.M., Montero M., Díaz E. 2006. Manual de manejo pre y poscosecha de aguacate (*Persea americana*). FITTACORI-UCR-CNP. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica. 95 p.

Cerdas Araya María del Milagro, Montero Calderón Marta, Somarribas Jones Omar. 2014. Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para aguacate (*Persea americana*) cultivar HASS en zona intermedia de producción de los Santos, Costa Rica. Agronomía Costarricense. 0377-9424.

Correa C., De la Plaza J.L., Ruiz-Altisent M. 1991. Estudio de la evolución del color de la piel y de la pulpa de aguacate cv. "Hass" y su aplicación para la evaluación de la madurez post-recolección. 2º Congreso Nacional del Color, Parque Tecnológico de Valencia (España).

Correa Paulo César, De la Plaza Pérez José Luis, Ruiz Altisent Margarita. 1995. Ensayos no destructivos para la evaluación de la madurez post-recolección de aguacate. Agro-Ciencia 11(2): 197-200.

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

Cruz Aguilar Marisol, Melgarejo Luz Marina, Romero Mauricio, 2012. Libro experimentos en fisiología y bioquímica vegetal, Universidad Nacional de Colombia. Fitohormonas Pp. 39-40

Ducurú, Marly, Carvajal Tesorero, Zaida, Rodríguez Ortega, Morella, Cabrera, Gustavo, Ramírez Zambrano, Liliana, Méndez, Jeannette, Gómez, Valery, 2013. Actividad biológica de extractos de tres plantas sobre bacterias patógenas para el humano. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología.

Fielder J, G Bufler, F Bangerth (1998) Genetic relationships of avocado (*Persea americana* Mill.) using RAPD markers. *Euphytica* 101:249-255.

FAOSTAT. 2013. Base de datos aguacate. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S> (Consulta: 12 de noviembre del 2013).

García Breijo, F. J. (2008). Reguladores del crecimiento, Las giberelinas . Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV .

Goulao, L. and Oliveira, C. 2008. Cell wall modifications during fruit ripening. When a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science and Technology*. 19(1): 4-25.

Goldschmidt, E. E. and Golomb, A. 1982. The carbohydrate balance of alternative-bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:06-208.

GÓMEZ V.M. 1998. Characterization of Avocado (*Persea americana*) Varieties of Very Low Oil Content. *Journal Agricultural Food Chemical* 46:3643-3647.

Hertog M. L. A. T. M., S. E. Nicholson and K. Whitmore (2003) The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in 'Hass' avocado. *Postharvest Biology and Technology* 29:41-53.

Hofman, P.J., Stubbings, B.A., Adkinsa, M.F., Meiburgb, G.F., Woolf, A.B., 2002. Hot water treatments improve 'Hass' avocado fruit quality after cold disinfestations. *Postharvest Biol. Technol.* 24, 183–192.

Kader, A. 1991. Índices de madurez, factores de calidad, normalización e inspección de productos hortícolas. en: Yahía, E.; Higuera, C. (eds.), *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. México D.F. México. p49-58.

Kader, A. A. 1997. Fruit maturity, ripening, and quality relationships International Symposium. Effect of pre-& postharvest factors in fruit storage. 485: 203-208.

Kader, A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Agriculture and Natural Resources. Davis, California: University of California. 41 y 535 p.

Karakurt, Y. and Huber, D. 2003. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. Postharvest Biology and Technology. 28(2): 219-229.

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.

López-Mata MA., Ruiz-Cruz S., Ornelas-Paz JJ. y Gassos-Ortega LE. 2013, Aplicación de tratamientos térmicos a frutos de aguacate para prolongar su vida de anaquel. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. Biotecnia / XV (3): 23-28.

Martínez-Javega, JMM.; Otero, MM.; (1989). Conservación frigorífica de aguacales. Fruticultura Profesional. (24): 52-5

Martínez C, E Pons, G Prats & J Leon. 2004. Salicylic acid regulates flowering time and links defence responses and reproductive development. Plant Journal 37: 209-17.

Martínez, Silvia; Terrazas, Enrique; Alvarez, Teresa; Mamani, Oscar; Vila, José; Mollinedo, Patricia. 2010. Actividad antifúngica in vitro de extractos polares de plantas del género *Baccharis* sobre fitopatógenos. Revista Boliviana de Química.

Márquez Carlos J. , Yepes Diana P., Sanchez Laura, Osorio Jairo A. 2014. Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. "Hass") en poscosecha para dos municipios de Antioquia. Temas Agrarios - Vol. 19:(1) (32 - 47).

Mesa Vanegas, Ana Maria, Saez Vega, Jairo, Blair Trujillo, Silvia, Arango, Eliana. 2007. Actividad antiplasmodial de extractos de la planta *Calophyllum lucidum* (Clusiaceae). Scientia Et Technica.

Osuna G. J. A., J. A. Beltrán and V. V. Valdivia (2005) Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate 'Hass'. Revista Fitotecnia Mexicana 28:1-8.

Peter O. Tingwa and Roy E. Young, 1975. Studies on the Inhibition of Ripening in Attached Avocado (*Persea americana* Mill.) Fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(5):447-449.

Prabha, T.N., Ravindranath, B., Patwardhan, M.V., 1980. Anthocyanins of avocado (*Persea americana*) peel. J. Food Sci. Technol.—India 17, 241–242.

Proctor A., Miesle T. 1991. Polygalacturonase and pectinmethylesterase activities en developing highbush blueberries. HortScience 26(5):579-581.

Ramírez, J. 2008. Boletín informativo, Central Mayorista de Antioquia, Medellín. 25 p.

Raven Peter H., Evert Ray F., Eichhorn Susan E.1992. Biología de las plantas, Volumen 2. Editorial Reverté, S. A. Pp. 479-480.

Rebolledo- Martínez A., Uriza-Ávila D., Rebolledo-Martínez L., Becerril-Román A. E., y Ruiz-Posadas L. del M. 2002. Fruitone CPA para retardar la maduración en piña *Ananas comosus* (L.) Merr., cv. Cayena lisa, cosechada en primavera. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 354-358.

Román M. E. A.,Yahia K. E. (2002). MANEJO POSTCOSECHA DEL AGUACATE. Vitae , 5-16.

Salazar-García, S. 2000. Fisiología reproductiva del aguacate. p 57-83. In: Téliz, O. D. (Ed.) El aguacate y su manejo integrado. Mundi Prensa, México, D. F.

Saltveit, M. E., and A. R. Sharaf. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. Journal of the American Society for Horticultural Science. 117:793-798.

Silveira, A. 2007. Fisiología y bioquímica de los productos MPF, V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Cartagena-España: Universidad de Cartagena. Ed. Universidad Politécnica de Cartagena. 1655 p.

Sitrit, Y., Riov, J. y Blumenfeld, A. 1986. Regulation of ethylene biosynthesis in avocado fruit during ripening. Plant physiology. 81: 130-135.

Tamayo V. Alvaro, Cordoba G. Oscar de J., Londoño Z. Martha E. 2008. Tecnología Para El Cultivo Del Aguacate. Corpoica. Pp. 211.

Trejo G. A., Munguía M.R. and Cantwell M. (1992). Inactivation in situ of polyphenol oxidase in ripe avocado fruit. Proc. Second World Avocado Congress. Pp. 409-416.

Valencia, Lorena; Muñoz, Diana Lorena; Robledo, Sara María; Echeverri, Fernando; Arango, Gabriel Jaime; Vélez, Iván Darío; Triana, Omar. 2011. Actividad tripanocida y citotóxica de extractos de plantas colombianas. Biomédica.

Williams L O (1977) The avocados, a synopsis of the genus *Persea subg. Persea*. Econ. Bot. 31:315-320.

World Horticultural Trade & U. S. Export Opportunities. 2006. Avocado situation and outlook for selected countries. www.fas.usda.gov (Consulta: 15 de enero

del 2008).

Yang, S. F. y Hoffman, N. E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 35: 155-189.

Yang, X. 2009. Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. *Food Chemistry*. 114(2): 383-390.

Zapata-Urbe, Sebastián, Arana, Luis Miguel, Monsalve, Zulma, Rojano, Benjamín, Zapata, Isabel Cristina. 2015. Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *Ageratum conyzoides* L. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*.