

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

ESTUDIO MONOGRÁFICO DEL AGUACATE
(*Persea americana* Mill.)

TRABAJO MONOGRÁFICO DE
ACTUALIZACIÓN
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

BARBARA NICCOL MORENO CALDIÑO

MÉXICO D. F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| Presidente | PROF. FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS |
| Vocal | PROF. MIGUEL ANGEL HIDALGO TORRES |
| Secretario | PROF. MARÍA DE LOURDES OSNAYA SUÁREZ |
| 1er. SUPLENTE | PROF. LUIS ORLANDO ABRAJÁN VILLASEÑOR |
| 2do. SUPLENTE | PROF. FABIOLA GONZÁLEZ OLGUIN |

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:
CUBÍCULO DEL LABORATORIO 4 - B EDIFICIO A,
FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

ASESOR DEL TEMA

SUSTENTANTE

ING. FEDERICO
GALDEANO BIENZOBAS

BARBARA NICCOL
MORENO CALDIÑO

DEDICATORIAS

Con cariño para mis papás:

"Dar amor, constituye en sí, dar educación." Eleanor Roosevelt.

A mis tíos

A mis primos

A mis amigos

*Al Ing. Federico Galdeano Bienzobaz,
Asesor de tesis*

*Porque sin el estímulo de todos ustedes, no habría sido posible la
culminación de esta etapa de mi vida.*

*Una mención especial para Coqueta, por su compañía incondicional sin
importar cuanto tiempo me quedara sentada frente a la computadora.*

ÍNDICE

- I. INTRODUCCIÓN
- II. ORIGEN E HISTORIA DEL AGUACATE
- III. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA
- IV. HORTICULTURA
- V. FISIOLOGÍA Y MADURACIÓN
- VI. COMPOSICIÓN QUÍMICA
- VII. PROCESOS DE POST - COSECHA
- VIII. PRODUCCIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y CONSUMO
- IX. INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PULPA DE AGUACATE
- X. CONCLUSIONES
- XI. BIBLIOGRAFÍA

OBJETIVOS

- Crear un documento en el cual se recopile de manera exhaustiva la información concerniente al fruto del aguacate.
- Clasificar dicha información de acuerdo al área de investigación a la que se enfocan e identificar cuáles de éstas áreas han merecido una mayor atención por parte de los investigadores.

INTRODUCCIÓN

Son varias las razones por las que el aguacate goza de un lugar destacado en México. Su origen puede ser rastreado en el territorio nacional hasta antes de las culturas precolombinas y fue con ellas, que comenzó a formar parte indispensable de la cultura culinaria de nuestro país; de ahí que México se haya colocado como el principal consumidor de aguacate a nivel internacional.

México también destaca como principal productor y exportador de aguacate Hass y E.U. se ha convertido en el principal importador de aguacate mexicano desde que se levantara el veto, aunque este país es también el segundo productor a nivel mundial.

Gracias a su versatilidad para ser utilizado como acompañamiento en casi cualquier platillo, la comercialización del aguacate ha alcanzado otras regiones donde antes era poco conocido y actualmente su cultivo y consumo alcanza países tales como Japón o Sudáfrica. A lo anterior hay que sumar que el auge en el consumo de alimentos saludables le ha

dado un gran impulso, porque está considerado como un fruto con propiedades antioxidantes por su alto contenido en aceites insaturados y tocoferoles.

Este aumento en su importancia no solo se ha visto reflejado en las estadísticas económicas mundiales y nacionales, sino que también se muestra en la creciente cantidad de estudios científicos enfocados a mejorar su calidad y prolongar su conservación, debido a que es un producto altamente perecedero.

Las investigaciones orientadas a la industrialización, también se han visto impulsadas por la demanda de productos procesados de aguacate de mayor durabilidad, fácil consumo tales como polvos, rebanadas congeladas, pastas, etc. Sin embargo, el panorama para estos productos aún es poco alentador debido a que siguen mostrando una tendencia considerable a la oxidación, y principalmente a su falta de popularidad entre el consumidor.

Por todo lo anterior y dada la importancia que implica para México, seguir siendo competitivo en el comercio del aguacate, la publicación de normas oficiales y mexicanas relativas a este producto han representado un gran apoyo para su manejo durante el mercadeo.

La expedición de normas concernientes a la protección del fruto, como un producto netamente mexicano permitirían garantizar ante el mundo, que el país ofrece un alimento de primera calidad con los consecuentes beneficios económicos para los productores, al quedar sus cultivos respaldados con respecto a la producción de otros países

1. ORIGEN E HISTORIA DEL AGUACATE

De acuerdo con Barrientos y López (1995, 1998), el aguacate pertenece al género *Persea*, del cual el mayor número de especies se encuentran en el territorio de México y Brasil. Estos autores enfatizan, que en México se han encontrado en estado salvaje especies pertenecientes a la variedad mexicana en Tula-Ocampo, Tamaulipas y Tantima, Veracruz, además de que en este último estado es probable que también existan en estado salvaje especímenes de la variedad antillana. En Chiapas se recolectó un tipo de *Persea* que crece de manera salvaje, el cual podría ser un ejemplar primitivo de la raza guatemalteca o incluso ser una nueva especie de este género.

También en el territorio mexicano, se han recolectado genotipos de otros tipos de persea: *P. nubigena*, *P. donnell-smithii*, *P. borbonia*, *F. schiedeana*, *P. steyermarkii*, *P. vesticula*, *Beilschmiedia anay*. Ambos autores concluyen que la gran gama de especies del género *Persea*, se podría aprovechar para realizar una selección en cuanto a tolerancia en varios aspectos fitosanitarios y de calidad de fruta, lo cual ubica a México ante un gran compromiso de conservación de recursos genéticos del aguacate.

Williams (1976), apoyándose en evidencia arqueológica de semillas encontradas en Tehuacán, Puebla apunta que el origen de las *Perseas*, al cual pertenece el aguacate, tuvo lugar en el centro y este de México y partes altas de Guatemala, como se puede ver en la Figura 1. Está estimado que dichas semillas tienen una antigüedad de entre 8000 – 7000 años a. C.

Figura 1. Lugares de origen del aguacate.



Fuente: Barrientos y López, 1998

Ya para el período Clásico Maya, la domesticación del aguacate se había llevado a cabo y era muy bien conocido como registran los manuscritos de la época de la Colonia, tal es el caso del Códice Florentino – (compilado por Fray Bernardino de Sahagún en el siglo XVI) el cual hace referencia a tres variantes de aguacate que por su descripción, podrían corresponder a las actuales razas Mexicana, Guatemalteca y Antillana y que fueron señaladas bajo los nombres de Aoácatl, Quilaoácatl y Tlacacoloácatl respectivamente.

Por otro lado, el Códice Mendoza, se refiere a uno de los pueblos sometidos al Imperio Azteca como Ahuacatla. Etimológicamente "ahuacatl" quiere decir "aguacate o árbol del aguacate". El postfijo "-tla" quiere decir "lugar", por lo tanto Ahuacatla o Ahuacatlán se traduciría como "lugar del árbol del aguacate"; la palabra completa es

representada pictográficamente con un árbol con dientes en el tallo. Los nombres de distintos sitios dentro del país hacen referencia a este significado: Ahuacatlán en el estado de Nayarit, Aguacatan en el norte de Guatemala; Ahuacatenango, Chiapas, "En el recinto de los Aguacates"; Ahuacatepec, Veracruz, o Aguacatitlán, Guerrero, Jalisco y Estado de México, "Lugar de Aguacates" (APROAM).

Durante la Conquista, los españoles encontraron el cultivo del aguacate bastante extendido y posteriormente en la época de la Colonia, diversos autores refirieron que ya se encontraba cultivado a lo largo de la costa Sudamericana, Nicaragua, Noreste y Oeste de Colombia, Perú y México: Martín Fernández de Enciso (*Suma de Geografía*, publicado en 1519 en Sevilla, España) encontró el aguacate en el pueblo de Yaharo, cerca de Santa Marta en Colombia; Fernández de Oviedo, historiador, lo describió en 1526; Pedro Cieza de León en 1532 – 1550; en Panamá; Garcilaso de la Vega (*Comentarios regios de los Incas*, 1605); Cervantes de Salazar (*Crónica de la nueva España*, 1554) y José de Acosta naturalista y escritor jesuita (*Historia Natural y Moral de las Indias*, 1589) (APROAM).

En Europa el primer registro del aguacate pertenece a Clusius (*Rariorum Plantarum Historia*, 1601), quien lo describe basado en árboles de origen y tipo mexicano desarrollados en Valencia, España y por último Fray Bernabé Cobo (*Historia Del Nuevo Mundo*, 1653).

Todos estos autores afirmaron que el aguacate era nativo del sur de México, desde donde fue extendido por los Aztecas, después de haber conquistado a los Tarascos y a los Zapotecas en los siglos XIII, XIV y XV. Aparentemente también fue llevado al Perú, desde el Ecuador, por los Incas entre 1450 – 1465. (Ochse *et al.*, 1972). En ninguno de estos

registros se hace comentario en cuanto a su presencia en las Indias Occidentales donde debió de haber sido introducido en el siglo XVII a la isla de Jamaica.

En 1600 a través de las Islas Canarias fue introducido en España y de ahí se diseminó a todo el mundo con las condiciones ambientales para su desarrollo. Fue llevado a Cuba en 1700, y gracias a los portugueses, comenzó a cultivarse en Brasil en el año de 1809. En Florida, los primeros huertos fueron plantados entre 1833 y 1860; en California no se cultivó sino hasta 1871. Los franceses empezaron sus ensayos de cultivo del aguacate en el Jardín Botánico de Hamman (Argelia) (Ibar, 1986), siendo así introducido a África en 1870, luego a la India en 1892, a Nueva Zelanda en 1910 y a la región que hoy ocupa Israel en 1931.

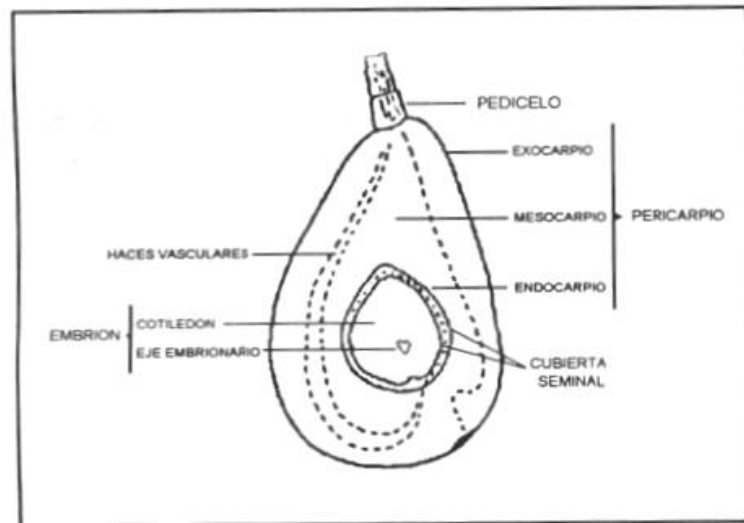
2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El aguacate es un árbol perenifolio con una altura de entre 6 - 20 metros. Su corteza es lisa de color claro en las ramas jóvenes y grisáceo en las más viejas. Sus hojas son grandes y color verde oscuro. La raíz es muy ramificada, semidura y poco profunda

El fruto, es una baya unisemillada de forma oblicua o globosa, aunque mas comúnmente tiene forma de pera; de 7-20 cm. de largo y de 7-10 cm. de ancho; puede alcanzar los 2 Kg., aunque el peso medio es de unos 300 o 400 g. La piel es de color verde amarillento, verde oscuro o manchada de morado, algunas veces de color morado oscuro o marrón, brillante u opaca, y de textura lisa o rugosa. La zona carnosa situada entre la piel y la semilla llamada pericarpio, que corresponde a la porción comestible del fruto, está formado por un grueso mesocarpio y un endocarpio (Saavedra, 1995). Se caracteriza por ser de color amarillo-verdoso o verde claro, de consistencia pastosa y un sabor muy apreciado, con un espesor de 1.5-2.0 cm. La maduración del fruto no se efectúa en el árbol, sino hasta que se cae o es recolectado.

La semilla se encuentra más o menos adherida al mesocarpio, es globosa y de color castaño; está protegida por una cáscara dura y contiene un jugo lechoso (Ibar, 1986).

*Figura 2. Anatomía del Aguacate.
Fuente: Barrientos y García, 1996*



Las flores son pequeñas, de color blanco, tallos largos y hermafroditas. Se agrupan en la axila de las hojas y más frecuentemente en la terminación de las ramas. Aunque cada árbol presenta numerosas inflorescencias cada una con centenares de flores, menos del 1% es fecundado y su ovario fértil llegará a convertirse en fruto (Ibar, 1986).

*Figura 3. Flores de aguacate.
Fuente: www.infojardin.com*



2.1. Taxonomía del aguacate

El aguacate pertenece a la Familia *Lauraceae* Género *Persea*. De éste último, actualmente se tienen registradas alrededor de 85 especies (Barrientos y López, 1998). A continuación, se muestra su taxonomía completa.

- Superreino: [Eukaryota](#)
- Reino: [Plantae](#)
- División: [Magnoliophyta](#)
- Clase: [Magnoliopsida](#)
- Orden: [Lurales](#)
- Familia: [Lauraceae](#)
- Género: [Persea](#)
- Especie: *Persea americana* (Mill) o *Persea gratissima* (Gaertu)
- Variedades: [P.a.var.americana](#)- [P.a.var.drymifolia](#)-
[P.a.var.nubigena](#)

2.2. Polinización

Cada árbol de aguacate posee un solo tipo de flor que se clasifican en tipo A o B de acuerdo con las características de maduración de los órganos sexuales. Las flores del grupo A abren por la mañana y son femeninas, receptivas al polen; al mediodía después de verificada la polinización, se cierran. Vuelven a tener una segunda apertura hasta el mediodía del día siguiente, cuando actúan como flores masculinas liberando polen. La situación es al revés en los árboles con flores tipo B,

cuando en la primera apertura, después del mediodía son femeninas. Una vez polinizadas las flores, se cierran en la tarde y vuelven a abrir hasta la mañana siguiente como flores masculinas, coincidiendo en tiempo para polinizar a las flores del grupo A (Ibar, 1986).

En las flores de tipo A el intervalo de tiempo entre la fase femenina y la masculina es de 24 hrs., en las del grupo B es de 12 hrs.; esta diferencia de tiempo entre ambos periodos frecuentemente evita que una misma flor se autopolinice, por lo que se hace necesario que en las zonas de cultivo estén entremezclados árboles con flores tipo A con otros que tengan flores tipo B, con tiempos de apertura simultáneos para que la fecundación se lleve a cabo y se pueda obtener una buena cosecha. Lo anterior se conoce como polinización cruzada y sus principales agentes son los insectos como abejas y avispas.

*Tabla 1. Polinización cruzada.
Fuente: Ibar, 1986*

| Tipo de flor | Día 1 | | Día 2 | |
|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | Hora: A.M. | Hora: P. M. | Hora: A. M. | Hora: P. M. |
| A | Flor abierta femenina | Flor cerrada | Flor cerrada | Flor abierta masculina |
| B | | Flor abierta femenina | Flor abierta masculina | |

La autopolinización ocurre en menor grado, cuando el polen de la flor es transferido a su propio estigma, sin embargo los frutos obtenidos de este tipo de fecundación son menos resistentes que los obtenidos por polinización cruzada (Degani *et al.*, 2003).

2.3. Razas y Variedades

Se distinguen tres razas de aguacate: la Mexicana, la Guatemalteca y la Antillana y su nombre hace más referencia a sus necesidades de clima y suelo que al origen, por lo que también se les conoce como grupos ecológicos (Cervantes, 2005) La expansión mundial de este fruto se ha convertido en un incentivo para desarrollar diversas variedades o cultivares de cada raza que estén mejor adaptadas a las condiciones climáticas específicas de las zonas de cultivo, logren un mejor rendimiento y presenten mejores atributos (color, forma, sabor y tamaño) con el mismo fin se han obtenido híbridos que resultan de la cruce entre razas y que tienen características intermedias a las de sus progenitores. Actualmente ya hay más de 500 variedades que están disponibles en cualquier época del año. En la Tabla 2 se da una descripción más a fondo de los cultivares de aguacate más comerciales.

RAZA MEXICANA

Produce frutos chicos, con un peso que va de los 80 a los 300 gr; su semilla es grande y el contenido de aceite llega al 30 %; la piel es lisa y delgada (0.8 mm de espesor), de color verde o violeta intenso y en su mayoría es comestible. El follaje de los árboles de raza mexicana desprende un aroma a anís cuando sus hojas son frotadas.

De las tres razas, es la más resistente al frío pero se adapta a climas templados cálidos y subtropicales, con temperaturas medias anuales de 15 a 18 °C y precipitación de 800 a 1200 mm, ubicados en zonas de 1500 a 2500 metros sobre el nivel del mar. El grupo mexicano requiere suelos con un pH neutro pero puede soportar una alcalinidad de hasta 7.5 (Ochse *et al.*, 1972; Ibar, 1986).

Algunas variedades mexicanas son:

- Duke
- Puebla
- Topa-Topa
- Gottfried
- Zutano
- Mexicola
- Northrop
- Atlixco
- Azteca
- Mexicola

RAZA ANTILLANA

Produce frutos de hasta 2.5 Kg. y con poco contenido de aceite; piel gruesa (1.5-3 mm de espesor) pero correosa o lisa de colores claros o verde intenso. Su semilla es grande y suelta. Su sabor es insípido.

El grupo antillano se adapta a climas tropicales, con temperaturas medias anuales de 22 °C y precipitación de más de 1800 mm. en zonas a nivel del mar y hasta los 500 metros de altitud. Toleran un pH ligeramente ácido de 5.5 a 6.5 (Ochse *et al.*, 1972; Ibar, 1986; Jackson *et al.*, 2005).

Algunas variedades antillanas son:

- Trapp
- Waldin
- Pollock
- Fairchild
- Princesa
- Simmonds
- Russel
- Nelan

RAZA GUATEMALTECA

Los frutos de esta raza pueden pesar entre 340 y 560 gr.; la piel es gruesa (hasta 3.6 mm. de espesor) y rugosa y de colores oscuros cuando maduran.

Presenta características intermedias a las de los otros dos grupos en sus exigencias climáticas; se adapta a climas subtropicales y tropicales, con temperaturas medias anuales de 18 a 22 °C y precipitación de 1200 a 1800 mm, ubicados en zonas de 500 a 1500 metros de altitud. Al igual que la raza antillana, tolera un pH de 5.5 a 6.5. (Ochse *et al.*, 1972; Ibar, 1986; Jackson, *et al.*, 2005).

Algunas variedades guatemaltecas son:

- Nabal
- Linda
- Wagner
- Itzamna
- Taylor
- Hass
- Benik
- Dickinson
- Edranol
- Hazzard
- Lynda
- Lyon
- Pinkerton

HÍBRIDOS

Proviene de la cruce entre razas. Las características de los híbridos varían de acuerdo a las de sus progenitores.

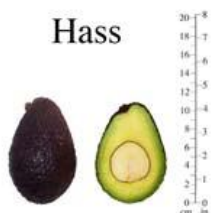
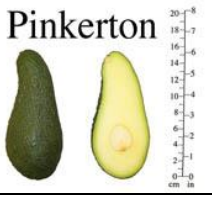
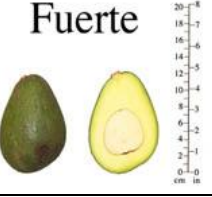
Híbridos
antillanos
x
guatemaltecos

- Bonita
- Booth 8
- Choquette
- Collinson
- Grande

Híbridos
mexicanos
x
guatemaltecos

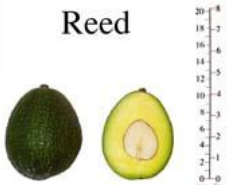

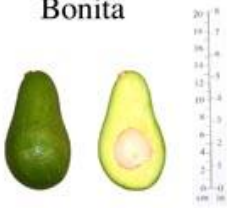
- Mac Arthur
- Bacon
- Fuerte
- Hayes
- Lula
- Rincón
- Susan

Tabla 2. Características de algunos de los cultivares de aguacate más comerciales.

| Variedad | Raza | Características | |
|-----------|--|--|--|
| Hass | Guatemalteco | Es la variedad más popular en todo el mundo. Es de tamaño mediano; pesa de 150 – 400 g; la cáscara es rugosa, de color verde que oscurece al madurar. | <p>Hass</p>  |
| Pinkerton | Guatemalteco | Normalmente de forma redonda y a veces con forma de pera; su tamaño es mediano; pesa entre 227-397g, piel flexible; la pulpa es cremosa, incluso 10% más que en los aguacates de la variedad Hass o Fuerte; semilla pequeña y algo separada de la pulpa. | <p>Pinkerton</p>  |
| Fuerte | Híbrido Guatemalteco x Mexicano | Resistente al frío. El fruto es de unos 10 cm de longitud por 6 – 7 cm. de ancho y un peso de 250 – 450 g. La corteza es delgada, de color verde mate. Contenido de grasa de 20 – 25 %. | <p>Fuerte</p>  |

Fuente: Ochse, 1972; Ibar, 1986

Tabla 2.. Características de algunos de los cultivares de aguacate más comerciales.

| Variedad | Raza | Características | |
|----------|--|---|---|
| Reed | Guatemalteco | Es de forma redonda a ovalada; de tamaño pequeño a mediano; piel ligeramente rugosa; carne ligeramente amarilla y semilla grande y gruesa. Su contenido de aceite va de 16 a 20%. |  <p>Reed</p> |
| Zutano | Mexicano | Con forma de pera y de tamaño pequeño o mediano; piel color verde claro y muy delgada y semilla de tamaño mediano. Tiene un contenido de aceite de 15 a 22%. |  <p>Zutano</p> |
| Bonita | Híbrido Guatemalteco x Antillano | De forma ovalada, ligeramente achatado de un lado. Es de tamaño mediano y piel ligeramente áspera. La pulpa contiene de 8 a 10% de aceite. La semilla es de tamaño mediano. |  <p>Bonita</p> |

Fuente: Ochse, 1972; Ibar, 1986

3. HORTICULTURA

3.1. Exigencias de clima

ALTITUD

El aguacate puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2,500 m; sin embargo, su cultivo se recomienda en altitudes entre 800 y 2,500 m, para evitar problemas de enfermedades, principalmente de las raíces.

EXIGENCIAS DE TEMPERATURA

Su tolerancia depende de los antecedentes genéticos y de la raza de aguacate, aunque generalmente soporta temperaturas inferiores a los 3-4° C, por lo tanto se recomiendan inviernos frescos sin heladas. En verano la temperatura mínima media no debe estar por debajo de los 14° C.

PRECIPITACIÓN Y TOLERANCIA A LA SEQUÍA

Se considera que 1,200 mm anuales bien distribuidos son suficientes, aunque de acuerdo con Ochse *et al.* (1972) las variedades de la raza antillana pueden soportar más de 2,500 mm; sin embargo el exceso de precipitación durante la floración y la fructificación, reduce la producción y provoca la caída del fruto. El encharcamiento también aumenta la probabilidad de la muerte de las raíces.

En terrenos con lluvia deficientes, el riego se hace necesario ya que las sequías prolongadas provocan la caída de los frutos, flores y sobretodo de las hojas, lo que reduce el rendimiento.

TOLERANCIA AL VIENTO

Es pobre. El terreno destinado al cultivo debe contar con buena protección natural contra el viento o en su ausencia, establecer una barrera cortavientos preferentemente un año antes del establecimiento de la plantación. El viento rompe las ramas, provoca la caída de las flores y del fruto, especialmente cuando son pequeños. Si es muy seco durante la época de floración, reduce el número de flores polinizadas y por consiguiente de frutos.

TOLERANCIA A LA HUMEDAD

Es Media. El exceso de humedad relativa puede ocasionar el desarrollo de algas o líquenes sobre el tallo, ramas y hojas o bien, la aparición de enfermedades fúngicas y bacterianas que afectan el follaje, la floración, la polinización y el desarrollo de los frutos. Un ambiente muy seco provoca la muerte del polen, con efectos negativos sobre la fecundación y con ello la formación de menor número de frutos.

SUELO

El aguacate es adaptable a cualquier tipo de suelo, pero los más convenientes deben ser profundos, ricos en materia orgánica y húmedos, que estén muy bien drenados. Como muchos árboles tropicales, el aguacate carece de pelos en las raíces, lo que lo hace muy susceptible a las fluctuaciones de humedad en el suelo. La poca aeración en la cercanía de las raíces, ayuda a la diseminación de enfermedades fúngicas como la causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* y enfermedades fisiológicas como la asfixia de raíz.

El pH del suelo debe ser neutro o ligeramente ácido (5,5 a 7). En tierras muy alcalinas con (pH mayor a 7.5) el aguacate puede verse afectado por la clorosis y en tal caso su cultivo no es muy aconsejable.

3.2. Propagación

Los árboles de aguacate usados para explotación comercial no se obtienen por medio de la siembra de la semilla, pues ésta posee una gran variabilidad genética y las plantas obtenidas no presentarían las mismas características de la planta progenitora, por lo tanto se prefiere llevar a cabo la multiplicación o propagación del árbol de aguacate de manera asexual.

El injerto es una de las formas más utilizadas y los árboles obtenidos por esta técnica, entran en producción mucho más rápido que aquellos nacidos directamente de la semilla. Con excepción del injerto, los intentos de propagación asexual mediante estacas y acodos no han tenido éxito.

Actualmente, el uso de fertilizantes orgánicos, también se ha extendido en el cultivo de aguacates. Reyes *et al.* (1995), reportan que el cultivo de aguacate desarrollado por un período de 2 años mediante la implementación del sistema orgánico, genera un incremento de 10% en la producción en comparación con el cultivo convencional. Aplicaciones de extractos de ajo, cebolla y chile fueron utilizados para el control de plagas y enfermedades; los autores reportan que con ello se redujo en 2% la aparición de roña, aunque la presencia de antracnosis no pudo ser evitada. Martínez, *et al.* (1997) evaluaron durante tres años, el efecto de la fertilización anual con gallinaza, nitrógeno y fósforo sobre el crecimiento, producción y estado nutrimental del aguacate cv Fuerte;

los investigadores encontraron que la fertilización con gallinaza (34 kg/árbol/año) sola o combinada con nitrógeno, así como la aplicación conjunta de nitrógeno y fósforo incrementaron el rendimiento, mientras que la aplicación de fósforo mejoró el nivel de calcio y magnesio en las hojas del árbol.

Finalmente, la apariencia final de los aguacates orgánicos no muestra diferencia alguna con los aguacates obtenidos de manera convencional.

3.3. Semilla

Sólo se usa para obtener el patrón del injerto. Al utilizar la semilla se debe tomar en cuenta la raza de la planta de la que se extraen las mismas. Las semillas deben provenir de árboles vigorosos y frutos sanos. Para reducir el riesgo de plagas y enfermedades, nunca deben usarse huesos de fruta tierna, enferma o que haya tenido contacto con el suelo ya que aumentan su probabilidad de estar infectadas con hongos (APROAM; Rodríguez, 1982; Galán, 1990).

Después de su recolección, los huesos de aguacate se lavan con agua para eliminar la pulpa y se colocan en un lugar ventilado con sombra. El uso de fungicidas en polvo como el Arazán o Captán, siempre es deseable. Las semillas seleccionadas deben sembrarse a las dos o tres semanas, pero su vida útil puede prologarse hasta ocho meses, si se almacenan en bolsas de polietileno de 0.038 mm. de espesor a 4° y 7° C y 80% de humedad (APROAM; Galán, 1990).

3.4. Siembra

En México se lleva a cabo entre marzo y mayo en almácigos, que son cajones de arena con una profundidad de entre 20 y 30 cm, 1m de ancho y el largo que se desee. Para evitar el crecimiento de hongos, hierbas indeseables o plagas, debe desinfectarse para lo cual se usa comúnmente el bromuro de metilo.

Las semillas se siembran con la punta hacia arriba de forma que sobresalga un poco de la tierra, cubriéndola con una capa de 1-2 cm de grosor de arena fina, con el fin de conservar más tiempo la humedad de los riegos. Con el fin de apresurar la germinación, se suele cortar la punta de la semilla, práctica conocida como corte de candado, aunque esta técnica se recomienda más para semillas que han estado en almacén; las semillas frescas de menos de 1 mes tienen un mayor poder germinativo. Entre 40 y 60 días después de haber realizado la siembra se obtienen las primeras plantas (Rodríguez, 1982; APROAM).

INJERTO

El aguacate se propaga vegetativamente por medio de la técnica de injerto, la cual es una de las varias formas de reproducción asexual de propagación de las plantas, en las que se introduce (o injerta) la planta de interés o "bareta" en otra llamada "patrón", con la finalidad de cambiar la variedad de las plantas cultivadas o evitar enfermedades. Pasado algún tiempo se forma un tejido de unión entre ambas plantas mediante un proceso llamado "cambium".

- La bareta proveerá el follaje y el tallo. Debe proceder de árboles seleccionados por ser sanos y productivos, colectarse después de

la brotación. Su grosor es de 0.6mm a 1 centímetro. No debe ser muy tierna y debe presentar yemas bien formadas e hinchadas.

- El patrón será la planta que funcione como raíz y se obtiene con la semilla de árboles nativos de cada región porque son los mejor adaptados a las condiciones del lugar donde se va a realizar el cultivo e incluso pueden llegar a ser resistentes a enfermedades tales como *Phytophthora cinnamomi*. Las plántulas producidas por semillas de las variedades 'Lula' y 'Waldin' se usan como patrones en Florida, mientras que en México se utilizan variedades de la raza mexicana.

Los métodos usados en fruticultura para la implantación de injertos son distintos; en el aguacate los más usados son los injertos de enchapado lateral, el injerto de púa terminal - que dan buenos resultados- el injerto de yema en T y el de yema en escudete. Las técnicas también difieren de una región a otra; los injertos de enchapado lateral y de yemas son muy comunes en Michoacán y Puebla; en Estados Unidos se prefiere el injerto de púa terminal, el injerto de escudete invertido y el de injerto lateral (Ochse *et al*, 1972, Cervantes, 2006).

PREPARACIÓN DEL TERRENO

Los arbolitos están listos para el trasplante en la plantación entre los cuatro y seis meses después de que fueron injertados. Los marcos de plantación vendrán dados por el tipo de suelo y la topografía, la variedad o cultivar (debido al vigor y hábito de crecimiento) y por las condiciones ambientales imperantes.

Es de especial importancia tomar en cuenta la inclinación del terreno, la cual debe de ser plana preferentemente, o menor al 3%, ésto es una

diferencia de 3 m de altura por cada 100 m. de longitud, en este caso los árboles son plantados de forma regular. En aquellas zonas donde la pendiente del terreno no exceda de 5 por ciento, se sugieren plantaciones de trazo regular y geométrico. Cuando la pendiente es mayor a 12% se suelen construir terrazas perpendiculares a la pendiente del terreno (Ibar, 1986). Hechas las observaciones anteriores se debe preparar el terreno con el fin de permitir la penetración del aire y del agua en el suelo y conseguir que todas las raíces puedan extenderse libremente.

El establecimiento de la ya mencionada barrera cortavientos, también se incluye dentro de los preparativos,; sin embargo las cortinas presentan ciertos inconvenientes como el de servir de hospedaje a las plagas y de representar competencia para los árboles de aguacate (Rodríguez, 1982).

TIPOS DE PLANTACIÓN

Una vez que el terreno está listo se pueden realizar las plantaciones a marco real (en forma de cuadro), tresbolillo (en forma de triángulo o hexágono) o terrazas. En general las distancias varían, pero el espaciamiento de 10 m. entre plantas y 10 m. entre hileras, es el más empleado.

- **Marco real.** Se realiza en terrenos llanos y planos. Los aguacates se plantan a distancias iguales en ambas direcciones formando un cuadro o un rectángulo.
- **Trazo Hexagonal o Tresbolillo.** Este tipo de plantación permite una mayor densidad de siembra que el de marco real. Consiste en

un triángulo equilátero formado por los árboles. Este sistema se utiliza en terrenos llanos, permitiendo una mejor distribución y un uso racional de la superficie. (Rodríguez, 1982). En la Tabla 3, se pueden ver las distancias utilizadas, de acuerdo al tipo de plantación.

- **Terrazas.** Se realizan curvas de nivel sobre el terreno. Se aplica en terrenos con pendiente elevada.

Tabla 3. Distancias de plantación.

| Distancia entre árboles (metros) | Número de árboles por hectárea | |
|---|---------------------------------------|--------------------|
| | <i>Marco Real</i> | <i>Tresbolillo</i> |
| 5 x 5 | 400 | 462 |
| 10 x 10 | 100 | 115 |
| 6 x 6 | 277 | 321 |
| 12 x 12 | 69 | 79 |
| 7 x 7 | 204 | 237 |
| 14 x 14 | 51 | 73 |

Fuente: APROAM

3.5. Riegos

El riego se realiza con el fin de que las plantas se desarrollen y optimicen su ciclo vital.

Para obtener una buena producción de aguacates, los árboles deben cultivarse en tierras de regadío para subsanar la falta de agua de lluvia, cuando las precipitaciones han sido menores a 1, 200 mm. La cantidad de agua suministrada al cultivo dependerá de la raza, la edad de los árboles, la cantidad de lluvias y la capacidad de retención del suelo. Se ha calculado que en la región productora de Uruapan, las necesidades del árbol de aguacate son de 3.2 milímetros de agua por día.

Los sistemas de riego que se emplean en el cultivo del aguacate son los siguientes:

- *Riego por microaspersión.* Este sistema aplica caudales inferiores a 200 l/h. El agua en forma de lluvia destinada al riego, se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y aspersores. Gracias a una presión determinada, el agua se eleva para luego caer pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie. Un mal manejo del riego perjudica al cultivo, al suelo y disminuye el beneficio económico del productor.
- *Riego por goteo.* El agua se conduce desde el depósito o la fuente de abastecimiento a través de tuberías y en su destino se libera gota a gota justo en el lugar donde se ubica la planta. El agua se infiltra en el suelo produciendo una zona húmeda, restringida a un espacio concreto. Este sistema evita las pérdidas sufridas por evaporación en los aspersores y en el mismo suelo. Se estima que este sistema es más eficiente hasta en un 60% que el riego por aspersión.

Durante el primer año de los arbolitos, la plantación debe contar con suficiente agua para riego durante la estación seca, de manera que los árboles reciban la cantidad adecuada para que alcancen un buen desarrollo. En cuanto a las razas, los árboles más exigentes son los antillanos seguidos de los guatemaltecos y los mexicanos (Juscafresa, 1978).

En lo que respecta al agua, debe ser tratada antes de ser utilizada ya que no debe tener altos contenidos de sales, porque las raíces de los árboles de aguacate son muy sensibles a éstas, además de que puede

servir de medio de transporte para microorganismos causantes de enfermedades, como la tristeza del aguacate.

3.6. Fertilizantes y abonos

Son sustancias o mezclas que contienen los nutrientes necesarios para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal, de manera que se mantenga la buena producción del huerto. Los abonos son orgánicos, como el estiércol y la composta; mientras que los fertilizantes, son inorgánicos y contienen nitrógeno (N), fósforo, (P) y potasio (K), elementos esenciales para la nutrición de las plantas. En México, los abonos orgánicos más empleados son el estiércol vacuno y el de gallina, este último comúnmente denominado gallinaza (Salazar, 1994).

Antes de su aplicación, debe realizarse un análisis foliar a la plantación de aguacate para estimar el estado nutricional y el requerimiento de sustancias nutritivas de las hojas. También es necesario un análisis de suelo para conocer el pH (acidez/ alcalinidad), la cantidad de sales y la cantidad de macroelementos disponibles en el terreno, tales como fósforo (P), potasio (K); magnesio (Mg) , cobre (Cu), zinc (Zn), azufre (S), calcio (Ca), aluminio (Al), hierro (Fe) y boro (B). Otros factores a tomar en cuenta para llevar a cabo la fertilización son:

- Época del año.
- Edad del árbol.
- Tipo de variedad que se cultiva.
- Forma de aplicación del fertilizante.
- Capacidad de absorción del fertilizante.
- Solubilidad del fertilizante.

- Disponibilidad del nutriente.
- Relación costo/beneficio al utilizar el fertilizante.
- Porcentaje de aluminio presente en el suelo.

Tabla 4. Algunos de los fertilizantes utilizados en México y su forma de aplicación.

| Elemento | Fuente | Época de aplicación |
|---------------|--|---|
| Magnesio (Mg) | Carbonato de magnesio ($MgCO_3$) Cal dolomítica ($MgCO_3 + Ca_2CO_3$) Sulfato de magnesio Heptahidratado (Sales Epson) ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) | Todo el año si se cuenta con sistema de regadío y al inicio de la temporada de lluvias si es cultivo de temporal. |
| Fósforo (P) | Fosfatomonoamónico (MAP) Fosfatodiamónico (DAP) Superfosfato de calcio simple (SSP) Fosfato dipotásico (K_2HPO_4) | Durante el verano, aunque generalmente varía dependiendo de la región. |
| Nitrógeno (N) | Amoniaco NO_3 Sulfato de amonio (NH_4SO_4) Nitrato de amonio (NH_4NO_3) Urea | Se aplica de manera fraccionada durante el año. |
| Calcio (Ca) | Hidróxido de calcio ($CaOH$) Nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$ Cal dolomítica ($MgCO_3 + Ca_2CO_3$) | Poco antes del inicio de la temporada de lluvias. |

Fuente: Salazar, S.

La fertilización debe durante toda la vida del árbol a partir de haberse injertado desde el vivero y al voleo, es decir, cerca de la zona de goteo del árbol. En México la primera aplicación de fertilizantes y abonos orgánicos debe realizarse antes del inicio de la temporada de lluvias durante las etapas de floración y desarrollo vegetativo; la segunda aplicación puede continuar justo después de la etapa de lluvias en huertos de temporal, o en los meses de diciembre y enero si se cuenta con sistema de riego.

3.7. Poda

La poda se realiza para promover la brotación (Almaguer, 1998), para evitar el crecimiento irregular del árbol y mantenerlo bien formado. En general, los árboles de aguacate no necesitan ser podados y esta operación sólo se realiza durante los primeros años después de ser transplantados al campo (Ochse *et al*, 1972). El procedimiento implica la eliminación de ramas de crecimiento vertical con altura excesiva, ramas bajas o pegadas al suelo, tallos débiles y enfermos y madera muerta, la cual es susceptible al ataque de hongos que pueden dañar la producción. Una poda severa puede ocasionar la disminución en la producción de frutos.

3.8. Aclareos

El aclareo se hace cuando el follaje de los árboles se junta y consiste en la eliminación de árboles en forma gradual, hasta alcanzar una cifra específica. Normalmente se desechan aquellas plantas que su fin no es en sí la producción de los frutos, sino únicamente la de polinización.

El primer aclareo se realiza a los 8 años de plantado el huerto y el segundo se puede realizar a los 12 años (Rodríguez, 1982).

3.9. Cosecha

Los árboles injertados comienzan la primera producción comercial entre los tres y cinco años de edad, mientras que los obtenidos por semilla pueden tardar hasta diez años. Cabe resaltar que ésta es una de las etapas de mayor importancia, porque de ella depende el éxito de la

comercialización de los frutos; si se realiza de manera inadecuada se puede reducir el rendimiento del cultivo, ya que los frutos pueden sufrir heridas que afecten su calidad, influyendo negativamente en su aspecto externo y haciéndolos más susceptibles al ataque de enfermedades por hongos.

La recolección del aguacate se lleva a cabo manualmente, haciendo un corte con tijeras a nivel del pedúnculo; pero si el fruto está muy elevado, se recoge utilizando escaleras con las tijeras integradas a garrochas de bambú o aluminio, las cuales tiene una longitud de hasta 6 m y que llevan una bolsa recolectora de lona o malla en el extremo (Rodríguez, 1982). Para producciones comerciales, los cosecheros pueden ser llevados alrededor de los árboles y elevados en plataformas montadas en camiones (Ochse, 1972).

El momento indicado de cosechar los frutos se basa en los índices de maduración, los cuales deben tomarse en cuenta para que el fruto pueda almacenarse, sin perder significativamente sus características cualitativas y que llegue al consumidor con la calidad deseada (Díaz, 2002). Generalmente estos aspectos se basan en la apariencia externa del aguacate, pero las diferentes características de cada cultivar dificultan la determinación, por lo que el proceso de cosecha depende en mucho de la experiencia y el criterio del productor.

Algunos de las características que se toman en cuenta son las siguientes:

Cambio de color en la piel. Cuando el fruto aún está inmaduro, la piel es brillante y a medida que va madurando se torna opaca. En algunos cultivares como el Hass, el color vira dramáticamente de verde a

morado, aunque otras variedades como el Fuerte o el Nabal sólo presentan un pequeño cambio de verde hacia amarillo.

Tamaño y peso de los frutos. Este parámetro no es de los más importantes pues generalmente no hay una clara relación entre el peso y la madurez fisiológica, aunque algunas veces si es posible encontrarla (Blumenfeld *et al.*, 1992).

Facilidad con que se parte o quiebra el pedúnculo del fruto (abscisión). Cuando los frutos alcanzan su madurez fisiológica, la quiebra del pedúnculo se realiza con cierta facilidad al curvarlo o torcerlo (Avilán, 1985).

Firmeza del fruto. Mientras se mantiene unido al árbol, el fruto tiene una consistencia dura y su ablandamiento comienza una vez que ha sido recolectado (Avilán, 1985).

Tiempo de floración a maduración. Consiste en determinar el tiempo que tardan en madurar los aguacates desde el momento de la floración, generalmente de 8 a 10 meses. Para este criterio se debe conocer bien el momento de la floración (Rodríguez, 1982).

Semilla. En las variedades antillanas, cuando el fruto alcanza su estado de madurez, las semillas se sienten sueltas al sacudirlas. Otro indicativo a tomar en cuenta con la semilla, es el color de su envoltura; si es de color pardo, es porque el fruto está maduro (Avilán, 1985).

Contenido de aceite y peso seco en la pulpa. Este es el criterio más confiable de todos y el más utilizado por los productores. Cada cultivar posee diferente porcentaje de aceite, pero su contenido siempre va en

aumento con la madurez, y por lo tanto puede servir como índice para realizar la cosecha (Martínez *et al.*, 1988; Olaeta *et al.*, 1995).

Por otro lado se ha encontrado una estrecha relación entre el contenido de aceite y la materia seca en la pulpa (Barret *et al.*, 2005). Cajuste *et al.* (1998) indican que la materia seca es el mejor reflejo de la madurez y Ozdemir y Topuz (2004) señalan que el contenido de aceite y materia seca, aumentan de manera significativa entre más tiempo se mantienen los frutos en el árbol. En base a lo anterior, actualmente la determinación del peso seco, es la mejor manera de conocer el contenido de aceite; el método más simple y utilizado, requiere un horno de microondas para llevar a sequedad la pulpa (Barret *et al.*, 2005).

Otros autores sin embargo, aseveran que el porcentaje de materia seca y contenido de aceite no son parámetros de madurez confiables, ya que varían mucho de acuerdo al momento de la cosecha y pueden ser modificados por los procedimientos de muestreo. La fruta pequeña o dañada tiene porcentajes más altos de materia seca, lo que puede resultar en la cosecha de fruta aún inmadura. (Hofman *et al.* 1999a, 1999b , 2000).

El contenido mínimo de aceite, requerido en muchos cultivares para realizar la cosecha es de 8%, como es el caso de los aguacates cultivados en Florida, aunque el porcentaje promedio se encuentra entre 19 % y 25 % dependiendo del cultivar, como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Cantidad de % de aceite requerido por variedad.

| % | Variedad |
|------|-----------|
| 19.4 | Bacon |
| 19 | Fuerte |
| 20.8 | Hass |
| 24.2 | Gwen |
| 18.9 | Pinkerton |
| 18.4 | Zutano |

Fuente: Lee, et al., 1983

La búsqueda de métodos más exactos para la determinación del índice del contenido de aceite sigue siendo una prioridad.

La determinación por medio de resonancia magnética nuclear permite determinar el contenido aceite de manera simple, veloz y además de que minimiza los errores durante la determinación de madurez (Barry *et al.*, 1983). La espectroscopia por infrarrojo (NIR) puede ser utilizada para determinar el contenido de materia seca (Clark *et al.*, 2003), como se muestra en la figura de abajo.

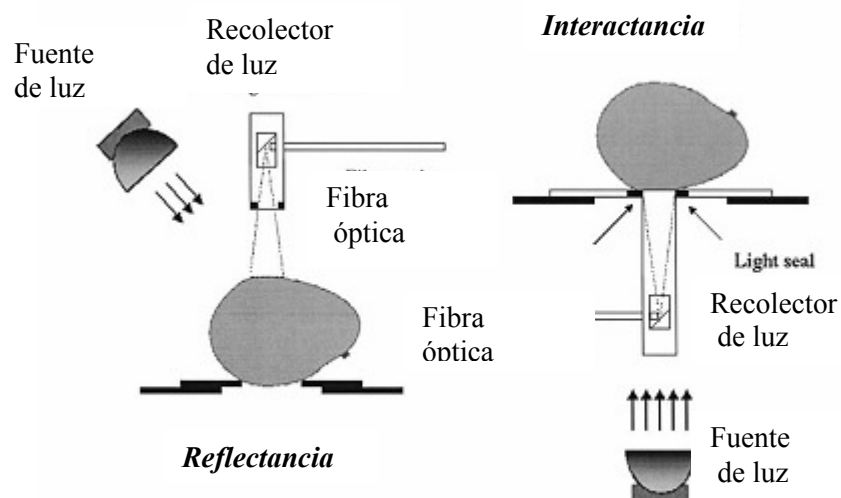


Figura 4. Esquema de reflectancia e interactancia (NIR).
Fuente: Clark *et al.*, 2003

El método identifica las bandas de los enlaces C-H correspondientes a los lípidos y carbohidratos que van en aumento con la maduración. Ciertos compuestos fluorescentes (FC) como la lipofuscina, que resultan de la peroxidación de lípidos, se acumulan con la edad. De acuerdo con Meir *et al.*, (1991) el aumento de estos productos en la piel, puede ser empleado como una característica para estimar el inicio de la maduración.

Mizrach *et al.* (1994) analizaron el uso de señales ultrasónicas en aguacates (Fuerte y Ettinger) durante su desarrollo en el árbol, para conocer su relación con el contenido de materia seca y poder determinar el contenido de madurez. Self *et al.* (1994) reportan que la velocidad ultrasónica está correlacionada positivamente con la humedad de la pulpa. También indican que durante la maduración del aguacate, el espacio intercelular (contenido de aire), tiende a disminuir y está correlacionado negativamente con la densidad de la pulpa.

3.10. Enfermedades

La enfermedad en las plantas se define como el mal funcionamiento de las células y tejidos del hospedante; implica cambios anormales en la fisiología, integridad y comportamiento de la planta. Dichos cambios conducen a la alteración parcial o muerte de la planta o de sus órganos.

Muchas especies de hongos *Phytophthora* atacan las raíces, ramas, corteza y hojas del árbol de aguacate ocasionando que se pudran (Menge y Ploetz, 2003); de entre éstos el de mayor importancia a nivel mundial por su impacto económico es *Phytophthora cinnamomi*, causante

de la pudrición de la raíz y conocida comúnmente como tristeza del aguacatero.

En México *Phytophthora cinammomi* está ampliamente distribuido en casi todas las áreas productoras de Nuevo León, Puebla, Querétaro, Zacatecas y Michoacán. En el país también se observa la presencia de *P. citricola* que causa pudrición de los aguacates (Fucikovsky y Luna, 1987).

Los hongos que causan el cáncer del aguacate (*Phytophthora boehmeria*), la roña (*Sphaceloma perseae*), la mancha cercospora (*Cercospora purpurea*), la Antracnósis (*Colletotrichum gloeosporioides*), la pudrición por Diplodia (*Diplodia sp*), *Verticillium albo-atrum* y *Armillaria mellea*, también tienen una presencia importante en México, Florida y el resto de Sudamérica.

En España los hongos *P. cinnamomi*, *Fusarium sp.*, *Verticillium albo-atrum* Reinke y Berthold, y *Rosellinia necatrix* Prill han sido identificados y aislados de las ramas de árboles jóvenes y maduros (García, 2003). En Nueva Zelanda *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, y *Botryosphaeria parva* son los hongos más comunes después de la post-cosecha.

Las bacterias fitopatógenas producen manchas, pudriciones blandas de los frutos, raíces y órganos; marchitamientos, crecimientos excesivos, etc., impactando de manera negativa sobre la calidad de los aguacates. En el Estado de México las infecciones bacterianas en el aguacate; son ocasionadas especialmente por la *Pseudomonas syringae* y *Erwinia herbicola*; el clima frío parece favorecer su aparición; el anillamiento del pedúnculo ocasionada por diversos microorganismos patógenos, es una

afectación sería en diferentes áreas de México ya que ataca preferentemente los cultivares Fuerte y Hass (Fucikovsky y Luna, 1987) que son de alta producción en el país.

Los virus de las plantas normalmente causan disminución de la fotosíntesis y del crecimiento. La mancha de sol, es la enfermedad más frecuente en el aguacate producida por virus, sin embargo tiene poca presencia en México (Fucikovsky y Luna, 1987).

DESCRIPCIÓN DE LOS SÍNTOMAS, DE ALGUNAS ENFERMEDADES DEL AGUACATE

Roña o Sarna (*Sphaceloma perseae* Jenkins). El hongo que produce la roña ataca al fruto, hojas y ramas jóvenes; se presenta fácilmente desde recién ocurrida la polinización, hasta cuando los frutos han sido completamente formados. Las lesiones aparecen en el haz y el envés de las hojas, como manchitas pequeñas, abultadas, de forma oval y color obscuro, que eventualmente se funden y forman áreas de apariencia leñosa, que se rajan y afectan la apariencia del fruto pero no la calidad de la pulpa. Las infecciones severas deforman e inhiben el crecimiento de las hojas. Los daños a los frutos por insectos, roedores o golpes, permiten la entrada del hongo; éste produce esporas sobre el tejido atacado y son diseminadas por el viento, la lluvia, el rocío o los insectos. La variedad más susceptible en Florida es Lula. En Michoacán es una de las enfermedades más importantes, y de los cultivares utilizados en esta región, la variedad Fuerte es la más susceptible, aunque Hass, puede ser también severamente afectada, Pollock y Waldin son poco susceptibles (Marroquín, 1999).

Mancha Cercospora (*Cercospora purpurea* Cooke). Ataca las hojas y produce lesiones pequeñas, color marrón oscuro que se pueden fusionar

y formar parches; cuando el ataque es severo causa su caída quedando los árboles defoliados. Las lesiones en los frutos son pequeñas, oscuras, de bordes irregulares y producen el resquebrajamiento de la corteza. Tanto las lesiones en las hojas como en el fruto, constituyen frecuentemente el punto de entrada de otros microorganismos, como el hongo de la antracnosis, que provocan la descomposición de los mismos. La infección ocurre usualmente durante el verano. Su control se lleva a cabo con aplicaciones de fungicidas a base de cobre.

Hongo polvoriento o mildiu (*Oidium sp*). El hongo polvoriento cubre el envés de las hojas y racimos de flores principalmente tiernas con un polvo blanco o grisáceo (micelio). Las hojas afectadas, se deforman o arrugan; posteriormente, el polvo blanco desaparece y aparecen en ellas manchas irregulares color negro grisáceo. La enfermedad es más frecuente durante la estación seca y no es lo suficientemente seria como para requerir medidas de control, pero el uso de Dinocap o preparados a base de azufre están recomendados.



Figura 5. Daño producidos por Tristeza del aguacate.

Fuente: www.infoagro.com

Tristeza del aguacate (*Phytophthora cinnamomi* Rands). Los árboles más susceptibles a ser afectados por este hongo, son los que se encuentran en áreas con suelos de drenaje pobre o que están inundadas. Las hojas de los árboles infectados

pueden tener una coloración verde pálido, estar marchitas o muertas; las ramas terminales se mueren descendientemente en los estadios avanzados de la enfermedad; las raíces se oscurecen y pudren, y los árboles generalmente no producen nuevos brotes y mueren.

Viroide "mancha de sol" (sunblotch). Es causado por el viroide (ASBVd) y ataca a los frutos desarrollados (Menge y Ploetz, 2003). Los síntomas se presentan en ramas, hojas y frutos e incluyen manchas o líneas amarillentas o blancuzcas y distorsiones. Se transmite a través de las yemas, semillas e injertos de las raíces de árboles vecinos. Su control consiste en la eliminación de los árboles infectados.

Figura 6. Síntomas de Mancha de Sol.
Fuente: <http://edis.ifas.ufl.edu>.



Verticilosis (*Verticillium spp.*) El hongo ataca una parte del árbol o todo el árbol. Se observan hojas marchitas de color café pegadas a las ramas, lo que le da al árbol la apariencia de haber sido quemado. En el interior de la corteza de ramas y raíces, el área vascular normalmente de color verde, se observa obscurecida y de color marrón.

Puede llegar a morir el árbol entero, pero si la marchites sólo se presenta en algunas áreas, la recuperación es posible (McMillan, 1976). Los aguacates de la raza guatemalteca son más sensibles a padecer Verticiliosis, que los de la raza mexicana (Del Cañizo, *et al*, 1990).

Mancha de alga (*Cephaleuros virescens*). También conocida como mancha aterciopelada. Es causada por *Cephaleuros virescens* en el continente Americano, aunque en otras partes del mundo otro tipo de algas pueden estar involucradas. Está restringida a áreas tropicales. Los síntomas aparecen primero en el haz de las hojas, como manchas que

pasan del color blanco, verde, verde-amarillento o marrón hasta negro con el tiempo (McMillan, 1976). No representa una amenaza económica seria para los productores de aguacate.

Cáncer de tronco y ramas (*Nectria galligena*, *Fusarium episphaeria* Snyder y Hansen) (*Phytophthora bohemeriae* Sawada). Su importancia radica en la rapidez con que se desarrolla y por el daño que causa alrededor del tronco, ya que en menos de un año puede llegar a matar al árbol sin importar la edad del mismo. Reduce su vigor y el árbol produce frutos pequeños y de mala calidad.

Fusariosis. Esta enfermedad ataca el sistema radicular de los árboles en cualquier estado de desarrollo. Los síntomas difieren de la pudrición de raíz en que el follaje se seca homogéneamente, permaneciendo adherido por algún tiempo a las ramas.

Pudrición del pedúnculo (*Botryodiplodia theobromae*, *Dothiorella gregaria*). Se desarrolla cuando el fruto madura. Comienza por el pedúnculo, como pardeamiento oscuro o una coloración negra afectando el tejido. La enfermedad progresa rápidamente cuando está cerca de la piel, pero eventualmente invade la carne hasta llegar a la semilla. La carne afectada es suave y esponjosa al principio, hasta que pierde su firmeza por completo (McMillan, 1976). La aplicación de fungicidas cúpricos antes de la cosecha, o de Procloraz en post- cosecha reducen su aparición (Menge y Ploetz, 2003)

Pudrición del fruto (*Diplodia sp.*, *Alternaria sp.*, *Verticillium sp.*, *Fusarium*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Sphaceloma perseae*). Los hongos penetran vía elementos vasculares en el pedúnculo; posteriormente afectan la pulpa y provocan una pudrición seca café

obscura. La infección se inicia en la cicatriz peduncular y la fruta es destruida cuando empieza a ablandarse. La corteza del fruto presenta manchas de color café oscuro.

Anillamiento del pedúnculo (*Alternaria sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Fusarium sp.*, *Corynebacterium sp.*, *Pseudomonas sp.* y deficiencias de zinc). La enfermedad se manifiesta a través de una incisión o anillo en el pedúnculo de los frutos, los que al ser atacados toman una forma redonda y un color púrpura, posteriormente se desprenden, o pueden quedar adheridos. Cuando esto último ocurre, el fruto experimenta un proceso de deshidratación muy rápido adquiriendo un aspecto momificado. Al hacer un corte longitudinal, se observa que el pedúnculo no presenta lesión alguna, encontrándose el daño solo en el hueso, donde se produce una infección que se extiende 2 o 3 milímetros sobre la pulpa. Presente en toda el área de Michoacán.

Mancha negra o Antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides* Penz). Esta enfermedad es bastante corriente en aguacate y sólo ataca los frutos. Las infecciones se producen en lesiones viejas causadas por *Cercospora* o Mildiu y heridas causadas por agentes mecánicos. El hongo no se desarrolla en los frutos que están creciendo, sino que causa la pudrición de los frutos maduros. Las lesiones comienzan como manchitas necróticas circulares marrones o negras las cuales se agrandan, hunden y se rajan. Se presenta en forma habitual, en casi todas las huertas de la zona aguacatera de Michoacán en menor o mayor grado, aun en post - cosecha y durante el almacenamiento.

La pectato liasa parece ser el factor de virulencia de la infección (Yakobi *et al.*, 2000); la actividad de esta enzima está regulada por la presencia de fuentes de nitrógeno (amoníaco) y pH alcalino, condiciones que se

crean en el huésped una vez que el hongo ha aparecido (Drori, *et al.*, 2003).

Se han identificado dienos en la cáscara de aguacate, con actividad antifúngica para la antracnosis como el 1-acetoxy-2-hydroxy-4-oxo-heneicoso-5,12,15-dieno y el 1,2,4,-trihidroxiheptadeca-16-eno; éstos compuestos se presentan en alta concentración cuando son jóvenes, y luego decrecen durante la maduración, razón por la que las infecciones de *C. gloesporioides* se presentan de manera tardía y, después de la cosecha (Prusky *et al.*, 1982).

Por su parte Yakobi *et al.* (2000) exponen que la cáscara de los aguacates inmaduros también tiene un pH de 5.2, menor al requerido de 5.8 – 6.5, para que la pectato liasa actúe, impidiendo que el hongo se desarrolle.

La aparición de antracnosis se reduce cuando se aplican antioxidantes (BHA) y Procloraz (Prusky *et al.*, 1995; Darvas *et al.*, 1990). El encerado de la fruta entera, con la aplicación de Benomyl y Tiabendazol, disminuye la incidencia de antracnosis y *Dothiorella* (Darvas, *et al.*, 1990)

Viruela viva y seca. La viruela viva es una forma de antracnosis, que consiste en lesiones individuales, circulares, color café oscuras, abultadas o hundidas, que dejan a la exposición un exudado blanco y cristalizado. Cuando la lesión es vieja, la viruela seca adquiere un aspecto circular obscuro y corchoso en forma de “cabeza de clavo” y da la impresión de que se va a desprender.

Varicela. La varicela es una variante de la antracnosis, que consiste en una lesión de color café oscuro, abultada, de 1 – 3 mm, de forma oval, que al pincharla deja salir un exudado cristalino, los frutos con ésta lesión son más propensos al rozamiento al momento de la cosecha, por la fricción a la que es sometido el fruto.

3.11. PLAGAS

Los arácnidos son las plagas más comunes entre los cultivos de aguacate, pero las más trascendentales y dañinas son las causadas por insectos, pertenecientes a diversos ordenes: hemíptera, lepidóptera, tisanóptera o coleóptera que se caracterizan por sufrir transformaciones durante su desarrollo y succionar o masticar las hojas para alimentarse (Domínguez, 1989), ocasionando graves daños al follaje, ramas y frutos del árbol de aguacate

Pertenecientes al orden tisanóptera, se identifican principalmente los trips o piojitos *Frankliniella bruneri* Watson, *Heliethrips haemorrhoidalis* Bouché, *Scirtothrips perseae* Nakahara, *S. aguacatae* Johansen & Mojica, *S. kupandae* Johansen & Mojica y *Pseudophlothrips perseae* Watson (Johansen *et al.*, 1999).

En México, los insectos de mayor importancia por su impacto económico en los cultivos, son los barrenadores del orden Coleóptera. Son conocidos coloquialmente como el barrenador grande del hueso y el barrenador pequeño del hueso, éste último fue el causante de la cuarentena impuesta en contra de la fruta producida por el país y que impidió su exportación hacia Estados Unidos.

Del orden Lepidóptera, la plaga principal es la palomilla barrenadora del hueso (*Stenoma catenifer*), que es otro de los insectos que limitan la producción de aguacate en México. Actualmente, muchos de los principales municipios productores de aguacate en Michoacán y Nayarit han sido declarados como zonas libres del Barrenador grande del hueso, del Barrenador pequeño del hueso y de la Palomilla barrenadota, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 6. Estados libres de barrenadores.

| | Michoacán | Nayarit |
|-------------------------|---|---|
| Barrenador del hueso | <ul style="list-style-type: none"> • Acuitzio • Apatzingán • Ario de Rosales • Nuevo Parangaricutiro • Reyes • Salvador Escalante | <ul style="list-style-type: none"> • Tacámbaro • Tancítaro • Tingüidín • Taretán • Uruapan • Tingambato • Madero |
| Barrenador de las ramas | <ul style="list-style-type: none"> • Acuitzio | <ul style="list-style-type: none"> • Zona Agroecológica de Camichin de Jauja |

Fuente: SENASICA

En Florida, los insectos causantes de plagas son el gusano medidor (*Epimecis detexta*), la escama piriforme (*Protopulvinaria pyriformis* Ckll.), la escama Dictyospermun (*Chrysomphalus dictyospermi* Morgan), el ácaro rojo (*Oligonychus yothersi*), los barrenadores (escarabajos, *Xylosandrus* sp.), la chinche del aguacate (*Acysta perseae*), y el trip de cinturón rojo (*Selenothrips rubrocinctus*) (Peña, 2004; Crane). También está reportado que después de la madurez, las ratas y las ardillas pueden causar daños severos. Su control se lleva a cabo por medio de cebos envenenados (Ochse *et al.*, 1972).

En México, el control de los mamíferos se lleva a cabo mediante el uso de esponjas con amoníaco como repelente o bien, se bloquean las galerías hechas por las tuzas, las cuales se comen las raíces del aguacate, debilitando el árbol el cual puede llegar a morir (Cervantes, 2006).

Las medidas de control de plagas en el territorio nacional incluyen:

- Detección y manejo de focos de infestación.
- Control químico por medio de insecticidas.
- Control cultural mediante la recolección y destrucción de ramas afectadas, frutos caídos y frutos infestados en el árbol para el control de barrenadores del hueso; y para los barrenadores de ramas a través de podas constantes de ramas dañadas y su destrucción mediante la incineración, en áreas de traspatios y marginales (SAGARPA).
- Control biológico. Incluye la aspersion de los hongos *Beauveria bassiana* que ataca los insectos del orden hemíptero y *Metarhizium anisopliae* que afecta insectos del orden coleóptera, hemíptera y lepidóptera.
- Control legal. Se lleva a cabo mediante de la obligatoriedad de llevar al tanto la cartilla fitosanitaria y la regulación de movilización de frutos de aguacate y sus subproductos (SAGARPA).

Finalmente, un buen control de las plagas se logra con planes de prevención y campañas informativas entre los productores (Cervantes, 2006).

DESCRIPCIÓN DE LAS PLAGAS

INSECTOS

Taladrador del tronco (*Copturomimus perseae* Gunthe). Esta especie taladra el tronco, ramas y crecimientos nuevos. El ataque se manifiesta por la presencia de serrín blanco fuera del orificio que producen. Esta plaga puede provocar la muerte del árbol.

Cuando la plaga se presenta, se combate mediante la poda de las ramas afectadas, las cuales deben ser quemadas; después, se debe aplicar en los cortes una pasta que contenga fungicida e insecticida para prevenir el ataque de hongos e insectos. Cuando el tronco tiene pocas perforaciones, puede aplicarse algún insecticida, en las perforaciones.

Gusano medidor (*Sabulodes* spp.) (Lepidoptera: Geometridae). El adulto es una palomilla café amarillenta, la hembra desova sobre el haz de las hojas. Las larvas dañan el follaje y cortan irregularmente las hojas, también atacan los frutos y perforan la cáscara, disminuyendo su calidad.

Barrenador grande del hueso (*Heilipus luari* Boh) (Coleoptera: Curculionidae) (*Heilipus pittieri* Barber). El adulto perfora la cáscara del fruto en donde deposita los huevos. Al nacer las larvas, se introducen en la semilla de la cual se alimentan durante todo el estado larvario. Si el fruto es atacado cuando está pequeño se cae; si el ataque sobreviene cuando el fruto es adulto, no se cae pero con frecuencia se pudre, debido al ataque secundario de microorganismos. El insecto adulto se alimenta de brotes, hojas y frutos.

Barrenador de ramas y tronco (*Copturus aguacatae* Kissinger) (Coleoptera: Curculionidae). Es una de las primeras plagas del

aguacate; se ha reportado en las zonas de Puebla, Morelos, México, Michoacán y Guerrero. Ha adquirido singular importancia sobre todo en los huertos localizados en climas cálidos. Las hembras mantienen sus huevos en la corteza de ramas y troncos, preferentemente en ramas terminales y expuestas a los rayos del sol. Las larvas construyen gran cantidad de galerías en la madera de ramas y troncos delgados con los que se alimentan, ésto provoca que las ramas se trocen por el peso de la fruta. En la entrada de la larva hay puntos blancos polvorosos de savia cristalizada y ésto le da un aspecto de detergente granulado. El adulto mide de 3.7 a 5.0 mm de longitud, de color negro rojizo, cubierto por escamas de colores blanco, rojo, naranja y negro, entremezcladas, confiriéndole dicha coloración a las hojas.

Barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus perseae* Barber) (Coleoptera: Curculionidae). El adulto es un picudo de 5 mm que pone sus huevos preferentemente en la mitad inferior del árbol y en la parte basal de frutos pequeños. Ataca de la misma manera que el barrenador grande del hueso.

Trips (*Liothrips perseae* Waston, *Frankliniella* spp., *Scritothrips aceri* Moulton) (Homoptera: Thripidae, Cicadellidae). Se presentan ocasionalmente. Afectan notoriamente la calidad del fruto porque succiona la savia de brotes tiernos y flores, ocasionándoles malformaciones; inhibe la fecundación de flores al lesionar los órganos sexuales y origina la caída de las mismas. Deterioran mucho a los frutos recién formados al provocar la aparición de alteraciones irregulares en la cáscara, manifestando sus daños en la disminución de la calidad para exportación.

Figura 7. *Trips Frankliniella*.
Fuente: www.viarural.com.ar



Arragres o abeja congo (*Trigona silvestrianun* Vach) (Himenoptera: Apidae). Dañan el follaje y los frutos. Una buena medida de combate es la quema de los nidos o la colocación de algún insecticida granulado en la boca de la colmena. El control químico se realiza atomizando el fruto y el follaje con Malation o Fenthion.

Perforador del fruto (*Stenomema catenifer*). La larva se introduce en el fruto cuando está en desarrollo y perfora la piel y la pulpa. Su control se lleva a cabo con aplicaciones mensuales de insecticidas (Carbaril), una vez que la flor ha quedado polinizada. Los frutos caídos, deben ser destruidos y quemados.

Figura 8. Daños causados por *Stenomema catenifer*.
Fuente: www.infoagro.com



Gusano arrollador de la hoja (*Platynota* spp). Es una larva color verde claro que adhiere una hoja nueva con otra. Raspa la epidermis inferior de las hojas y produce su desecación que se puede extender a todo el follaje. El control se realiza con insecticidas, cuando se inicia el

brote de renuevos foliares; se puede utilizar el oxidemeton-metil o el triclorfon.

Mosca verde (*Aethalion quadratum*). Es un pequeño insecto volador que ataca específicamente al aguacate; los huevecillos son depositados en una rama, y las ninfas que surgen de ellos se alimentan chupando la savia de las ramas jóvenes y al llegar a la edad adulta, ataca las ramas adultas. Los hábitos del insecto son sedentarios, ésto es, se establece en un árbol y sólo muy lentamente va infestando a los cercanos. El combate a la plaga debe emprenderse tan pronto se note su presencia. Para su control se puede aplicar Foley, Folimat o Malathión 500 (Cervantes, 2006).

Mosca blanca (*Tetraleurodes spp*) (Homoptera: Aleyrodidae). Ninfas y adultos se posan en el envés de hojas tiernas succionando la savia; producen un halo amarillento en el lugar donde se establecen, debido a la falta de clorofila.

Periquito del aguacate (*Metcalfiella monogramma*). Pequeño insecto con una protuberancia en su cabeza, un fuerte pico en su boca y el cuerpo inclinado. Vive asido a las ramas del aguacate y en ellas forma numerosísimas colonias. Si existe una colonia importante, las ramas afectadas deben cortarse y quemarse. Se le combate con los mismos productos insecticidas que a la mosca verde (Cervantes, 2006).

Cochinilla piriforme (*Protopulvinaria pyriformis* Ckll). Ataca el follaje y ramas tiernas pero no es un problema serio, a menos que se le permita causar defoliación; son responsables de atraer al hongo de la fumagina. Su control incluye tratamiento con malatión o paratión (Ochse, 1972).

Cochinilla dictyospermum (*Chysomphalus dictyospermi* Morgan). Es de color gris oscuro, de 1 mm. de diámetro. Puede causar defoliación, pérdida de cosecha y la muerte de las partes afectadas. (Ochse, 1972)

ÁCAROS

Arañitas rojas (*Oligonychus perseae*) (Acarina: Tetranychidae); (*Oligonychus yothersi*) (Acarina: Tetranychidae); (*Tetranychus urticae*) (Acarina: Tetranychidae). Forman colonias por el envés de las hojas y a los lados; en el haz se producen manchas amarillentas por clorosis hasta que se desprenden. De igual manera, atacan las yemas foliares las cuales no llegan a desarrollarse y los frutos atacados quedan pequeños y sin color (Ochse, 1972).

Se combaten con acaricidas convencionales sólo si el daño es muy severo; se recomiendan acaricidas con azufre, tiometon.

Acaro de las agallas (*Eriophyes* sp). (Acarina: Eriophyidae). Su ataque provoca la formación de agallas sobre las hojas tiernas que paralizan su desarrollo. Se combate con Azocyclopim o *Bacillus thuringiensis*. Los acaricidas se aplicarán sólo si el ataque es muy fuerte.

3.12. MALEZAS

Las malezas constituyen un importante problema en todos los cultivos, pues compiten por nutrientes y agua, así como por luz. Además son hospederas de plagas y enfermedades, ocasionando reducción de la producción y de la calidad de la cosecha. Para su control, se utilizan herbicidas; una práctica alternativa, con especial interés para el control de *P. cinammommi*, consiste en el cultivo de plantas beneficiosas como sorgo y maíz (Rodríguez, 1982; Galán, 1990, APROAM).

3.13. FISIOPATÍAS

Las fisiopatías o transtornos son causados por las condiciones del medio ambiente como humedad, luz, el pH y los nutrientes (Domínguez, 1995).

Rooyen *et al.* (2005) reportan que la concentración de calcio (Ca) y magnesio (Mg) puede disminuir cuando los aguacates se cosechan tardíamente. La disminución de Ca sólo, parece estar asociado a una reducción del tiempo de maduración, mientras que la disminución conjunta de Ca, Mn y B parece contribuir a aumentar la decoloración del mesocarpio en los frutos. Además Marqués *et al.* (2006) sugieren una relación entre el contenido de minerales (particularmente, Ca, Mg, K), el porcentaje de materia seca en los frutos y su susceptibilidad a la pudrición del pedúnculo. La Tabla 7 describe de manera más específica los síntomas ocasionados por las fisiopatías.

Tabla 7. Trastornos ocasionados por carestía o exceso de nutrientes

| Elemento | Deficiencia | Exceso |
|-----------------|--|---|
| Nitrógeno (N) | Follaje escaso. Los síntomas suelen aparecer primero en hojas de mayor edad en la parte inferior. Cuando la deficiencia es aguda, las hojas son pequeñas de color verde pálido. En deficiencia temporal las hojas maduras son color verde pálido y las jóvenes parecen normales. Defoliación temprana. Floración abundante, inflorescencias cortas, y gruesas. Frutos pequeños con epidermis de color verde pálido. El follaje escaso ocasiona la exposición excesiva de fruto a los rayos solares, ésto produce frutos con quemaduras y de bajo valor comercial por lo que la producción es deficiente. | Hojas más grandes de lo normal y de color verde oscuro. Floración tardía, escasa y acompañada por un flujo vegetativo vigoroso. Fruto con poca firmeza y que se cae abundantemente en precosecha (Junio en México). |
| Fósforo (P) | El árbol es de porte bajo y el follaje es escaso. Los brotes vegetativos son cortos y delgados y suele ocurrir defoliación temprana. Las hojas de mayor edad son coriáceas y pueden adquirir un tono bronceado o purpúreo. Los frutos maduran lentamente y con malformaciones. | No hay descripción de síntomas de exceso de P en aguacate. |
| Potasio (K) | Árbol de porte bajo. Brotes delgados y cortos. La clorosis cambia de amarillo claro a bronceado, luego a café y finalmente las lesiones corchosas (necrosis) aparecen sobre toda la hoja. Las hojas jóvenes son pequeñas, color verde claro y pueden mostrar clorosis en los márgenes. Los frutos en desarrollo se caen y los frutos maduros suelen ser pequeños y susceptibles a quemaduras de sol. | No se reportan síntomas |
| Azufre (S) | Toda la planta es de color amarillo, incluyendo los brotes. La cosecha madura lentamente | No se reportan síntomas. |

| Elemento | Deficiencia | Exceso |
|-----------------|---|--|
| Calcio (Ca) | Las hojas jóvenes se desarrollan deformes y con los márgenes irregulares, ondulados y curvados y presentan necrosis. La planta en general, presenta un aspecto marchito. La fruta con baja concentración de calcio tiende a presentar mayor pardeamiento (Thorp <i>et al.</i> , 1997). | No se reportan síntomas |
| Magnesio (Mg) | El crecimiento de los brotes puede variar de normal a nulo. Las hojas maduras son las primeras en manifestar síntomas, usualmente al final del otoño, cambiando su color verde claro a amarillo pálido. La defoliación total del árbol podría ocurrir hacia la mitad del otoño y los frutos podrían no madurar. | No se han reportado síntomas para el aguacate, pero puede aparecer como deficiencia de K o Ca (Almaguer, 1998) |
| Hierro (Fe) | Produce clorosis intervenal de las hojas. Inicialmente la clorosis ocurre en hojas jóvenes y puede cubrir el follaje de arbolitos recién plantados. Si la deficiencia ligera la clorosis puede ser imperceptible. En deficiencia severa o prolongada, la hoja es pequeña y completamente clorótica. En casos severos, los árboles adultos presentan clorosis aguda, defoliación y puede producirse la muerte generalizada de brotes. El fruto es de piel amarillenta y queda expuesto a las quemaduras por el sol. Además se reduce su contenido de aceite y el tamaño (Razeto y Palacios, 2005). | En las plantas, el exceso de Fe ocasiona deficiencias de manganeso. |
| Zinc (Zn) | Comúnmente se conoce como moteado de la hoja y ocurre en la mayoría de las zonas productoras de aguacate. Puede causar el decaimiento o inclusive la muerte de los árboles. Las hojas presentan manchas amarillas y zonas muertas. Los brotes pueden presentar defoliación y muerte regresiva. El rendimiento puede reducirse drásticamente y los frutos llegan a ser de forma más ovalada o redondeada que la normal para el cultivar. | El exceso de zinc acarrea deficiencia de hierro (Almaguer, 1998) |

4. FISIOLOGÍA Y MADURACIÓN

Como el resto de las frutas y hortalizas, la vida del aguacate puede dividirse de la siguiente manera:

- Crecimiento. Implica la división celular y su subsiguiente desarrollo (Wills 1981, Gonzáles, 2001).
- Maduración fisiológica. Suele iniciarse antes de que termine el crecimiento y no implica que el fruto esté listo para ser consumido (Wills, 1981; Díaz, 2002).
- Maduración organoléptica. Está relacionada con el aumento de la actividad respiratoria y la síntesis de etileno.
- Senescencia. Que se define como la fase en la que el anabolismo da paso al catabolismo.

4.1 Cambios en la respiración

El aguacate está clasificado como un fruto climatérico porque presenta una actividad respiratoria que puede dividirse de la siguiente manera

- Etapa pre - climatérica. Se caracteriza por ser un periodo de baja respiración (Gonzáles, 2001)
- Máximo climatérico. Donde la respiración alcanza su punto más alto. Coincide con el momento en que la fruta alcanza su tamaño máximo. En este periodo también tienen lugar el resto de las

- modificaciones características de la maduración organoléptica (González, 2001; Díaz, 2002).
- Etapa post – climatérica. Corresponde al declive en la respiración (González, 2001)

Durante la maduración, la permeabilidad de la epidermis al intercambio de gases con el exterior se reduce (Smillie, 2002), siendo más limitado el intercambio de CO₂ que el de O₂. Valle *et al.* (2002) afirman lo anterior al indicar que en la etapa climatérica, la presión parcial interna de O₂ en el fruto se vuelve menor y la de CO₂ aumenta, lo que sugiere cierta resistencia al intercambio de gases, que interfiere con los requerimientos de oxígeno del fruto, y que impide que el CO₂ no sea despedido al exterior tan rápidamente como es producido.

A pesar del cambio en la permeabilidad de la piel, la fijación fotosintética del CO₂ durante el ciclo de Calvin continúa por lo que es probable que el CO₂ utilizado en esta fase metabólica provenga del CO₂ acumulado en la fruta (Smillie, 2002).

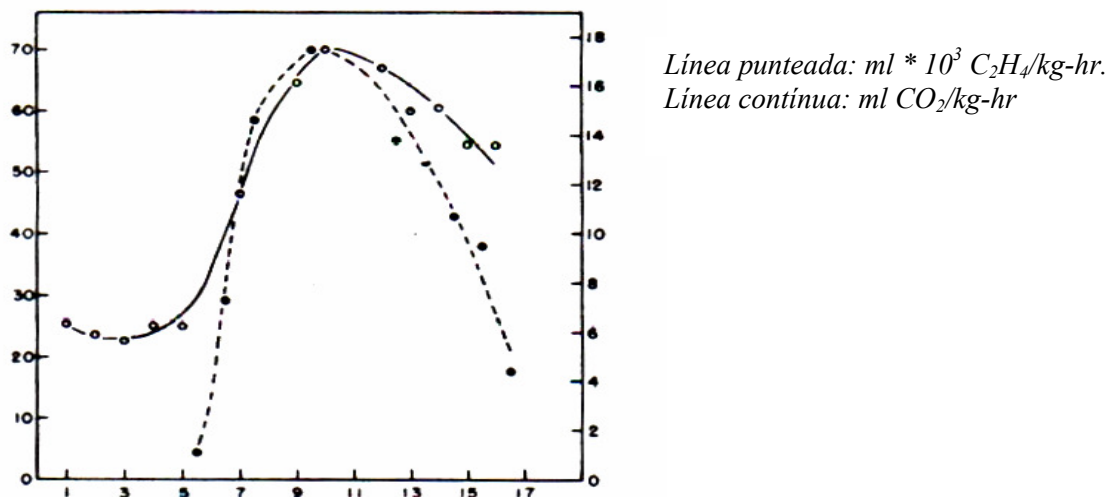
Otros estudios reportan aumentos en la concentración de ATP y cambios en la actividad enzimática. Bennett *et al.* (1987) indican que la fructosa 2,6-bifosfato aumenta su actividad hasta en 90% al comienzo de la maduración, lo que sugiere que el incremento respiratorio está controlado por la activación de la fructosa-6-fosfato fosfotransferasa la cual produce el aumento en la actividad de la fructosa 2,6-bifosfato.

4.2. Etileno

Los frutos climatéricos pueden distinguirse de los no climatéricos por la cantidad de etileno que sintetizan (etileno endógeno) y su respuesta al etileno aplicado de manera externa (etileno exógeno).

El etileno (C_2H_4) es una hormona gaseosa (Barberan y Robins, 1997) producida por los frutos climatéricos en cantidades muy elevadas y su pico máximo coincide con el pico respiratorio (González, 2001). El aumento en su síntesis ocurre justo antes de los cambios fisiológicos que se producen en la maduración organoléptica y por ello se le considera en sí, un inductor de este proceso (Díaz, 2002).

Fig.9. Cambios en la producción de etileno y la respiración durante la maduración.
Fuente: Biale et al., 1954



Se sabe que el precursor del etileno es la metionina y que para su conversión la presencia de oxígeno es esencial. Estudios realizados en tejidos de aguacate indican que este aminoácido es transformado a etileno durante el ascenso climatérico y el máximo climatérico, pero no durante la fase pre - climatérica (Baur et al., 1971).

Tabla 8. Etileno producido por algunos frutos climatéricos.

| Fruto | Etileno ($\mu\text{l/L}$) |
|----------|-----------------------------|
| Manzana | 25-2, 500 |
| Pera | 80 |
| Aguacate | 28.9-74.2 |
| Durazno | 0.9-20.7 |

Fuente: Wills (1981) citando a Burg y Burg 1962

El etileno estimula su propia biosíntesis (González, 2001, citando a Michael, 1990), de ahí que la aplicación externa de la hormona, propicie su producción endógena en frutos como el aguacate, provocando el aumento en la velocidad de los cambios fisicoquímicos.

Los aguacates pre - climatéricos producen muy poco etileno y poca actividad de la ACC (aminociclopropano) sintasa. En las frutas cosechadas, la actividad de la ACC- sintasa durante el ascenso climatérico y de otras enzimas productoras de de etileno (EFE) aumenta. Después del climaterio la ACC- sintasa y la producción de etileno disminuye (Sitrit *et al.*, 1986).

La aplicación de 1-aminociclopropano-1 carboxilato a frutas sin cosechar o cosechadas provoca aumentos en la producción de etileno y la maduración. El etileno exógeno puede estimular la actividad de EFE en frutas que aún no han llegado a la etapa climatérica (Sitrit *et al.*, 1986).

4.3. Otros cambios durante la maduración

ACIDO ABSCÍSICO (ABA)

Después del aumento de la producción de etileno, continúa el incremento en la concentración de ácido abscísico (Adato *et al.*, 1976). Cutting *et al.* (1990), reportan que el aumento en ABA reduce la calidad de la fruta y aumenta la actividad de la polifenoloxidasas (PPO).

ABLANDAMIENTO

Durante la maduración, la disminución en el contenido de almidón está relacionada con el aumento de la actividad de la amilasa (Pesis *et al.*, 1978). Se considera también que durante esta etapa otras enzimas, como la poligalacturonasa (PG) y la celulasa juegan una importante función en el ablandamiento (Pressey, 1977).

Estudios realizados por Awad y Young (1979) reportan que la actividad enzimática de la celulasa aumenta conforme lo hace el ritmo respiratorio y llega a su nivel máximo en la etapa de ablandamiento de la fruta. Pesis *et al.* (1978) también indican que la enzima está directamente correlacionada con el proceso de maduración y el aumento de etileno. Su actividad es mínima en frutas recién cosechadas pero es mayor en frutas maduras y puede ser estimulada mediante el tratamiento con etileno.

Zauberman *et al.* (1972) y Awad (1979) señalan que la actividad de la PG no es detectable inmediatamente después de la cosecha, sino que aumenta durante el climaterio y continúa incrementándose en la fase post-climatérica, llegando a un máximo en la etapa de ablandamiento

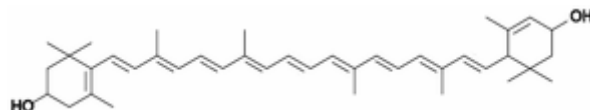
de la fruta. El comportamiento contrario se observa en la pectinmetilesterasa cuya actividad decrece de manera continua durante la maduración alcanzando un nivel muy bajo en la etapa climatérica.

Lo anterior muestra una relación estrecha entre el aumento de las enzimas que tienen que ver con la depolimerización de la pared celular y el aumento en la respiración y la producción de etileno (Awad y Young, 1979).

PIGMENTOS

Los pigmentos contribuyen de manera importante en la apariencia saludable y el color del aguacate. En la carne y en mayor concentración en la piel, se ha identificado la presencia de las clorofilas a y b; las feofitinas a y b; y los carotenoides alfa-caroteno, beta-caroteno, neoxantina, violaxantina, zeaxantina, crisantemaxantina, anteraxantina, y la luteína que junto con su furanóxido representa la mitad del total del contenido de carotenoides (Cross *et al.*, 1972; Ashton *et al.*, 2006). Cross *et al.* (1973) también encontraron dos pigmentos en aguacates maduros identificados como alfa-citraurina y mimulaxantina.

*Figura 10. Molécula de Zeaxantina.
Fuente: www.wikipedia.com*



Durante la maduración y el ablandamiento, el color y la brillantez en el tejido de la carne decrecen; en la piel el cambio de verde a morado/negro corresponde al aumento en el nivel de las antiocianinas identificadas como cianidina 3-O-glucósido, cianidina-3-galactósido y en menor medida la cianidina-3,5-diglucosido-p-cumarato (Prabha *et al.*,

1980; Cox *et al.*, 2004; Ashton *et al.*, 2006). Ashton *et al.* (2006) indican que los niveles de carotenoides y clorofilas no varían de manera significativa durante la maduración.

VOLÁTILES

Estos compuestos son un factor importante en el sabor y aroma de las frutas (González, 2001). Un total de cincuenta y dos ésteres, aldehídos y cetonas, alcoholes, terpenoides y otros compuestos han sido aislados e identificados (Pino, 1997) en el aguacate.

Los principales compuestos volátiles aislados del mesocarpio son los sesquiterpenos beta-cariofileno, alfa- humeleno, óxido de cariofileno, alfa- copaeno, y alfa -cubeneno y en menor concentración, los aldehídos decenal y heptenal.

Después del almacenamiento, aumenta la concentración de los aldehídos y los sesquiterpenos alfa- copaeno, alfa- cubeneno, alfa-farneseno, y beta- cubeneno y de hidrocarburos como el octano (Sin'gute-Sinyida y Gramshaw, 1998; Pino *et al.*, 2004). Pino *et al.* (2000) apuntan, que el mayor componente en aguacates variedad California y variedad Hass es el E-nerodinol y en menor medida los sesquiterpenos beta-cariofileno, beta-pineno, trans-alfa-bergamoteno y beta-bisaboleno.

5. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La Tabla 9 muestra el análisis proximal de la semilla y la pulpa de aguacate Fuerte. En ella se observa que sólo el porcentaje de lípidos es mayor en la pulpa, el resto de los componentes predomina en la semilla.

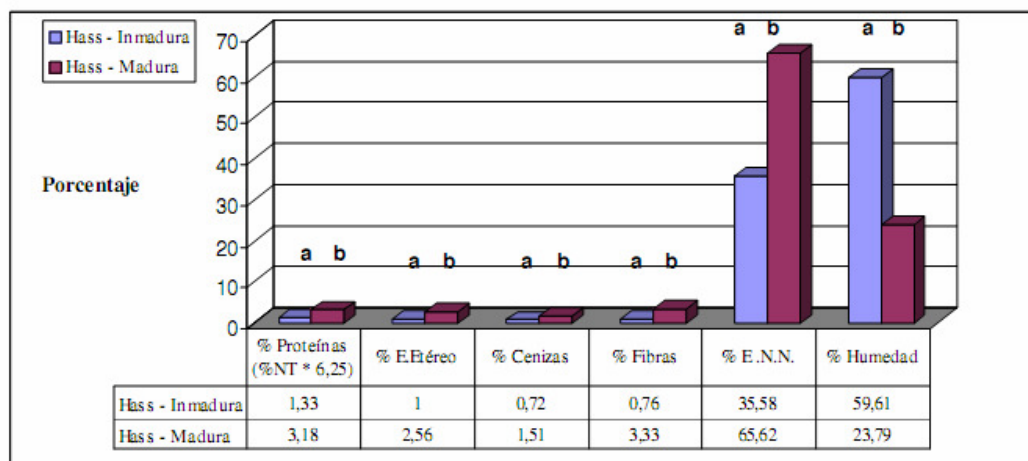
Olaeta *et al.* (2007) proporcionan las variaciones en la composición de la semilla en aguacates de la variedad Hass durante la maduración, la cual se observa en Figura 11. Se puede observar que el porcentaje proteínas, extracto no nitrogenado (carbohidratos), el extracto etéreo (materias grasas) y la fibra es mayor en las semillas de frutos maduros de la variedad Hass que los de la variedad Fuerte. Estos valores aumentan conforme a la maduración del aguacate.

*Tabla 9. Análisis Proximal de la pulpa y semilla de aguacate Fuerte
Fuente: Bora, 2001*

| Constituyentes(%) | Pulpa | Semilla |
|---|--------------|----------------|
| Humedad | 78.24 ± 2.54 | 56.04 ± 2.58 |
| Lípidos | 15.39 ± 1.56 | 1.87 ± 0.31 |
| Proteínas | 1.01 ± 0.18 | 1.95 ± 0.16 |
| Cenizas | 0.66 ± 0.09 | 1.87 ± 0.24 |
| Fibra | 0.53 ± 0.16 | 5.10 ± 1.11 |
| Hidratos de carbono (por diferencia) | 4.17 ± 1.37 | 33.17 ± 2.73 |

Figura 11. Análisis proximal de la semilla de aguacate
Hass maduro e inmaduro.

Fuente: Olaeta et al., 2007



5.1. Lípidos

El aguacate se caracteriza por tener un alto contenido de aceite en la pulpa, el cual representa más del 20% base peso fresco (70% base peso seco) de la composición química del aguacate (Mazliak, 1971). Sus propiedades nutritivas son similares al aceite de oliva (Ortiz *et al.*, 2004) y su composición es rica en lípidos neutrales (monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos) los cuales constituyen cerca del 96.5% del total de lípidos y en fracción menor, los ácidos grasos libres y los fosfolípidos (Nagy y Sahw, 1980).

Los lípidos neutrales del aguacate, se caracterizan por estar compuestos por ácidos grasos monoinsaturados, entre los que destacan el ácido oleico, linoleico, palmítico, y palmitoleico en orden decreciente (Martínez *et al.*, 1988). Sin embargo Nagy y Shaw (1980) indican que se pueden presentar variaciones en el contenido de ácidos grasos dependiendo de cada cultivar de aguacate, estado de maduración, región anatómica de la fruta y región geográfica donde son cultivados; sin embargo coinciden

con Martínez *et al.* (1988) al afirmar que el ácido oleico, siempre se encuentra en mayor cantidad, seguido de los ácidos grasos ya mencionados y agregan que el ácido linolénico permanece en concentración constante. Los fosfolípidos y glicolípidos contienen más altas cantidades de ácidos linoleico y linolénico que los lípidos neutrales, aunque el de mayor predominancia es el oleico (Nagy y Shaw, 1980; Pacetti, *et al.*, 2007).

Un estudio realizado por López (1998,) reporta las variaciones en el contenido de aceite en diferentes variedades de aguacate. De acuerdo con este autor, la variedad Nelan muestra un bajo contenido de aceite (3.05%) comparado con aguacates de la variedades Choquette, Linda, Marcus, Pollock, Simmonds y Booth 8. Nagy y Shaw (1980) indican que las variedades Fuerte, Tatui y Wagner contienen las más altas cantidades de aceite (22.1 a 25.5% en base peso fresco), mientras que los cultivares Waldin e Ibicaba poseen cantidades de aceite en menor proporción (6.9 – 6.5% peso fresco).

Mazliak (1971) y Vekiary *et al.* (2004) reportan que durante la maduración, el contenido de agua decrece y el contenido de grasa aumenta. Durante esta etapa del desarrollo, son los triglicéridos los que muestran el incremento más dramático; los diglicéridos, muestran pequeños aumentos y los monoglicéridos decrecen de manera mínima (Nagy y Shaw, 1980). Vekiari (2004) reporta que las variedades Ettinger, Fuerte y Hass, cultivados en la isla de Creta, muestran un aumento de ácido oleico, mientras que su contenido de ácido palmítico disminuye, durante la maduración organoléptica. Olaeta *et al.* (2007) determinaron que los porcentajes de ácido oleico, palmítico y linoleico en las variedades Hass, Fuerte e Isabel, aumentan después de la cosecha. Las Figuras 12 y 13 muestran el aumento en el contenido de

materia seca y las variaciones en el contenido de ácidos grasos, durante la maduración.

Comparando entre los tejidos que componen el aguacate, Mazliak (1971), reporta la presencia en orden decreciente de los ácidos oleico, palmítico y linoleico en el mesocarpio y endocarpio. Bizimana (1997) expone que el mesocarpio muestra las concentraciones más altas de lípidos en todas las etapas de maduración, mientras que la piel y la semilla exhiben altas cantidades de materia insaponificable. Pacetti *et al.* (2007) reportan que la semilla contiene ácidos oleico y linolenico; Mazliak (1971) indica que ésta exhibe mayor cantidad de ácido linoleico, aunque de acuerdo con Nagy y Shaw (1980), el ácido oleico se encuentra en mucho menor cantidad. La concentración de hidrocarburos y fosfolípidos se reporta como constante. En la Tabla 10 se muestra la composición de los aceites de la pulpa y la semilla de aguacate.

Figura 12. Cambios en el contenido de materia seca.
Fuente: Requejo et al.,1999

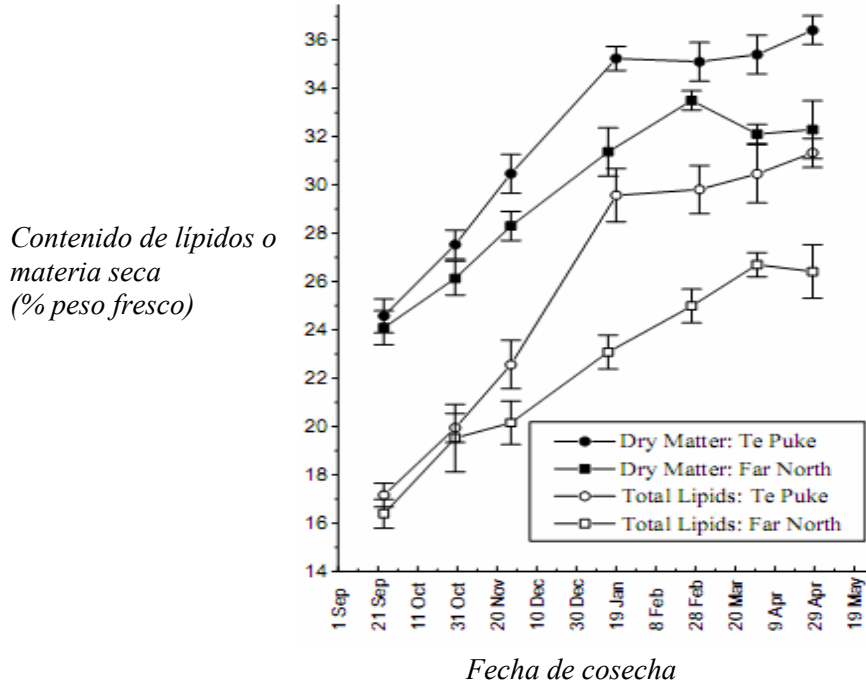


Figura 13. Cambios en el contenido de ácidosgrasos.
Fuente: Olaeta et al, 2007

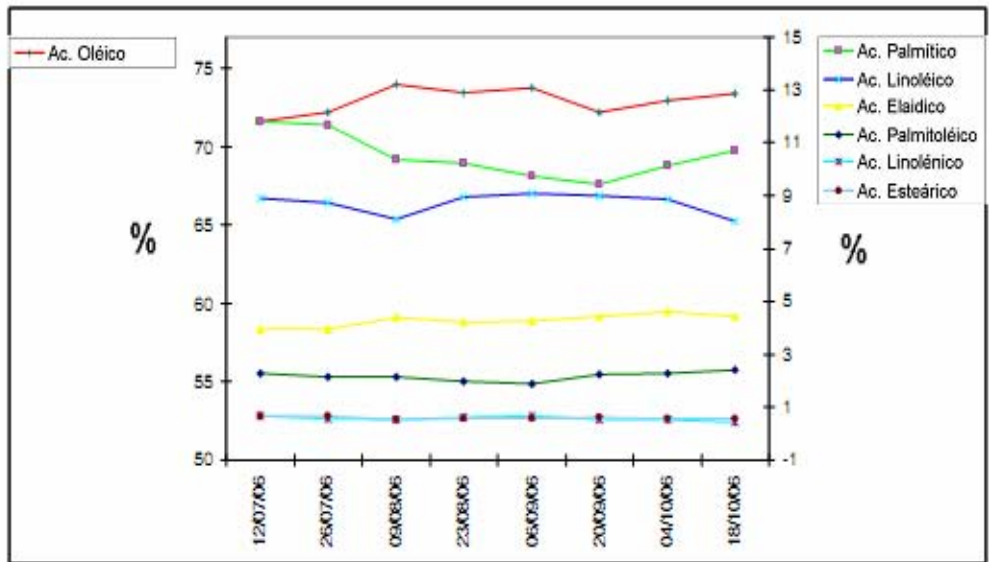


Tabla 10. Composición de ácidos grasos de los aceites de pulpa y semilla de aguacate.
Fuente: Bora, 2001

| Ácidos grasos | | % del total de ácidos grasos | |
|-------------------------|---------|------------------------------|-------------------|
| | | Aceite de la pulpa | Aceite de semilla |
| Ácidos grasos Saturados | | 22.927 | 32.495 |
| Ácido hexanoico | (C6:0) | 0.12±0.064 | 0.800 ± 0.045 |
| Ácido heptanoico | (C7:0) | Tr | 0.290 ± 0.097 |
| Ácido octanoico | (C8:0) | 0.075±0.015 | 0.278 ± 0.052 |
| Ácido nonanoico | (C9:0) | Tr | 0.217 ± 0.006 |
| Ácido decanoico | (C10:0) | | Tr |
| Ácido undecanoico | (C11:0) | | Tr |
| Ácido dodecanoico | (C12:0) | | 0.278 ± 0.051 |
| Ácido tridecanoico | (C13:0) | 0.284 ± 0.096 | 0.166 ± 0.011 |
| Ácido tetradecanoico | (C14:0) | Tr | 0.537 ± 0.052 |
| Ácido pentadecanoico | (C15:0) | 0.062 ± 0.028 | 2.334 ± 0.110 |
| Ácido hexadecanoico | (C16:0) | 21.312 ± 0.550 | 20.847 ± 0.843 |
| Ácido heptadecanoico | (C17:0) | 0.033 ± 0.001 | 1.725 ± 0.022 |
| Ácido octadecanoico | (C18:0) | 0.762 ± 0.021 | 1.185 ± 0.011 |
| Ácido nonadecanoico | (C19:0) | | 0.610 ± 0.341 |
| Ácido eicosanoico | (C20:0) | 0.086 ± 0.004 | 0.043 ± 0.020 |
| Ácido docosanoico | (C22:0) | Tr | 1.114 ± 0.023 |
| Ácido tetracosanoico | (C24:0) | 0.065 ± 0.035 | 4.685 ± 0.045 |

Tabla 10. Composición de ácidos grasos de los aceites de pulpa y semilla de aguacate.
Fuente: Bora, 2001

| Ácidos grasos | % del total de ácidos grasos | |
|---|------------------------------|-------------------|
| | Aceite de la pulpa | Aceite de semilla |
| <i>Ácidos grasos monoinsaturados</i> | 67.433 | 20.712 |
| Ácido 9 - tetradecenoico (C14:1) | 0.115 ± 0.052 | 0.251 ± 0.002 |
| Ácido 10 pentadecenoico (C15:1) | 0.71 ± 0.004 | 0.321 ± 0.159 |
| Ácido 9 - hexadecenoico (C16:1) | 2.391 ± 0.188 | 1.786 ± 0.325 |
| Ácido 10 heptadecenoico (C17:1) | 0.106 ± 0.004 | 0.372 ± 0.083 |
| Ácido 9 - octadecenoico (C18:1) | 64.436 ± 0.666 | 17.410 ± 0.058 |
| Ácido 11- eicosaenoico (C20:1) | 0.249 ± 0.036 | 0.448 ± 0.277 |
| Ácido 13 - docasaenoico (C22:1) | 0.065 ± 0.012 | 0.124 ± 0.043 |
| <i>Ácidos grasos poliinsaturados</i> | 9.614 | 46.726 |
| Ácido 9,12 octadecadienoico (C18:2) | 9.147 ± 0.030 | 38.892 ± 0.585 |
| Ácido 9,12,15 - octadecatrienoico (C18:3) | 0.467 ± 0.016 | 6.577 ± 0.028 |
| Ácido 11,14,17 eicosatrienoico (C20:3) | | 1.257 ± 0.030 |

Tr- Trazas (concentración menor a 0.03% del total de ácidos grasos)

En el exocarpio se señala la presencia de ceras de ácidos grasos de cadena larga (C_{26} y C_{27}) siendo el 50% de estos, ácido oleico. Otros compuestos presentes en esta región son el tetradecanol, hexadecanol y octadecanol, que constituyen el 70% del total de alcoholes presentes, y por último las parafinas de alto peso molecular (C_{27} , C_{29} y C_{31}) (Mazliak, 1971; Nagy y Shaw, 1980).

La porción insaponificable en el aceite de aguacate representa el 1%, pero esta cantidad también depende del tipo de fruta, el origen de la fruta y las técnicas de extracción. Está compuesta por alcoholes alifáticos, alcoholes terpénicos (Paquot, 1971; Turatti *et al.*, 1985); escualeno e hidrocarburos alifáticos saturados C_{16} a C_{32} (Paquot, 1971), de los cuales, la fracción C_{24} es la que más predomina seguida de la C_{25} y C_{23} (Giuffre *et al.*, 2005). De los esteroides sobresale el beta-sitosterol, pero también se reporta la presencia de alfa - tocoferol y ergosterol (Nagy y Shaw, 1980, Martínez *et al.*, 1988).

En las fases de maduración del aguacate, el contenido de esteroides y de hidrocarburos saturados en el aceite obtenido de la pulpa, decrece (Lozano, *et al.*; 1993; Giuffre *et al.*, 2005) y el contenido de clorofila permanece constante, sin embargo la misma decrece en el aceite extraído de la semilla (Ashton *et al.*, 2006).

Los cambios en la composición del aceite también se ven afectados por las condiciones de almacenamiento. Las atmósferas con 1.5% de O_2 aumentan el contenido de los ácidos palmítico y palmitoléico, mientras que a 16% de O_2 resulta en mayores cantidades de los ácidos oleico, linoleico y linoléico (Nagy y Shaw, 1980).

La tabla de abajo muestra las propiedades de los aceites extraídos de la pulpa y la semilla del aguacate.

*Tabla 11. Propiedades fisicoquímicas de los aceites de pulpa y semilla.
Fuente: Bora, 2001*

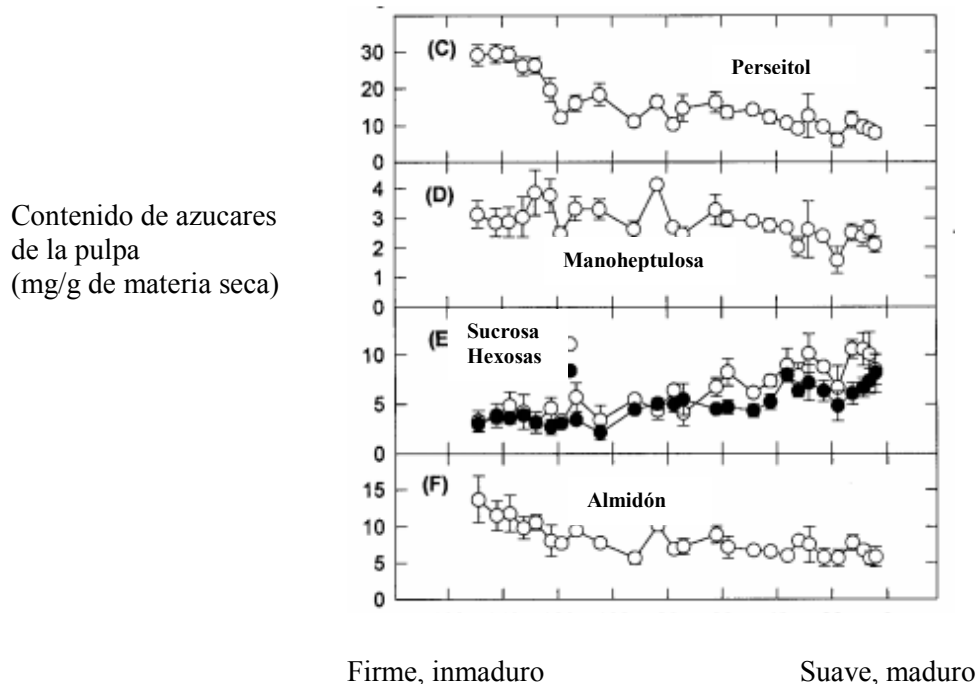
| Características | Aceite de la pulpa | Aceite de la semilla |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Índice de Refracción | 1.4608 ± 0.0004 | 1.4592 ± 0.0012 |
| Gravedad específica | 0.9272 ± 0.0028 | 0.9300 ± 0.0046 |
| Valor de acidez | 1.23 ± 0.02 | 2.06 ± 0.32 |
| Índice de Peróxidos | 1.40 ± 0.215 | 1.37 ± 0.208 |
| Índice de yodo | 77.6 ± 1.54 | 69.4 ± 1.04 |
| Índice de saponificación | 178.3 ± 1.61 | 231.6 ± 1.40 |

5.2. Hidratos de carbono

Bertling y Bower (2005, 2006) señalan que los principales carbohidratos presentes son los azúcares de siete carbonos (C₇) mano – heptulosa y su forma de poliol, el perseitol. En menores cantidades, están presentes los azúcares de seis carbonos (C₆) fructosa, sucrosa y glucosa. La siguiente figura muestra las variaciones en el contenido de azúcares en función del tiempo.

Figura. 14. Variaciones en el contenido de azúcares durante el almacenamiento a 20°C y 85% de humedad.

Fuente: Liu et al., 2004



Vekiary *et al.* (2004) indican una disminución en el contenido de azúcares durante la maduración. Liu *et al.* (2002) exponen que mientras la fruta está inmadura, el perseitol se encuentra en altas cantidades excediendo en mucho la concentración de sucrosa y otras hexosas, incluyendo el almidón; concluyen que el proceso de maduración, va acompañado de un aumento en el contenido de sucrosa, fructosa y glucosa y una disminución en el contenido de almidón y los azúcares de siete carbonos. Por otro lado, Sakurai y Nevins (1997) reportan que la ramnosa y la arabinosa aumentan durante el primer día de maduración, mientras que la concentración de celulosa permanece constante.

5.3. Proteínas

El aguacate contiene nueve aminoácidos esenciales, aunque no en las proporciones ideales (Bergh, 1992). Los aminoácidos que se encuentran en mayor cantidad, son la asparagina, el ácido aspártico, la glutamina y el ácido glutámico. En menor cantidad se encuentran los aminoácidos serina, treonina, alanina, valina y cistina (Nagy y Shaw, 1980).

La cantidad de aminoácidos también varía dependiendo del cultivar, siendo el aguacate tipo Hass el que mayor cantidad posee, con cerca de 2.4% (base peso fresco), lo que es inusualmente alto para una fruta, estando por encima del mango, la naranja, el pèrsimo y la manzana (Bergh, 1992).

5.4. Vitaminas

De acuerdo con García (2001), el aguacate contiene cantidades importantes de todas las vitaminas liposolubles, siendo la más abundante la vitamina E. Proporciona vitaminas hidrosolubles en cantidades apreciables, destacándose su contenido de ácido ascórbico y vitamina B₆.

Comparado con otras frutas como los jitomates y los chícharos, el aguacate contiene cantidades menores de calciferol (vitamina D), alfa – tocoferol (vitamina E) y 2 – metil – 1,4 – naftoquinina (vitamina K). En cuanto a las variedades, el tipo Anaheim contiene menos vitamina B₆, ácido fólico y biotina que los cultivares Fuerte y Hass. En el cultivar Fuerte las cantidades de riboflavina y biotina no varían durante la maduración.

5.5. Cenizas

Son particularmente ricas en hierro disponible. Su contenido en el aguacate varía de 1.0 a 1.4% para los cultivares Fuerte, Hass y Anaheim.

5.6. Fibra

De acuerdo con Bergh (1992) el aguacate es una buena fuente de pectina (fibra soluble), al igual que la manzana y como ya se mencionó en la Tabla 9, su presencia es menor al 1% en la composición química del fruto; aún así, la fibra soluble de otras frutas de consumo común, apenas alcanza un 16 % – 30% de la que está contenida en el aguacate, siendo solamente superado por la guayaba (2.5 veces arriba que el aguacate) y el brócoli por el lado de los vegetales.

5.7. Efectos en la salud

El consumo de este fruto ha demostrado ser benéfico para los individuos. La Tabla 12 incluye la composición química del aguacate por cada 100g de porción comestible.

Debido a que el aguacate es rico en aceite aumenta el valor calórico de las comidas que lo incluyen. El alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados puede ayudar a prevenir la incidencia de enfermedades en las coronarias (Pieterse *et al.*, 2003). Los experimentos llevados a cabo en ratas muestran que el aceite de aguacate disminuye los niveles de triglicéridos y LDL en la sangre, lo

que previene el riesgo de arterosclerosis, aunque se ha reportado que tiende a incrementar la cantidad de lípidos en el hígado (Werman *et al.*, 1989; Naveh *et al.*, 2002; García, 2004).

Naveh *et al.* (2002) proponen su uso como fuente de fibra; y Oe-Kyung-kim *et al.* (2000) han sugerido que los compuestos antioxidantes que posee pueden ayudar a prevenir la aparición de cáncer. Otros beneficios en la salud, se asocian a su contenido en fitoesteroles y vitamina E. Matsusaka *et al.* (2003) reportan que la semilla contiene aceite con alto contenido de catequinas, que le confieren buena actividad antioxidante.

6. PROCESOS POST - COSECHA

El principal objetivo de los tratamientos post-cosecha en el aguacate es presentar una fruta de buena calidad a los consumidores (Fuchs y Zauberman, 1995), además de evitar pérdidas en la producción. Para lograr lo anterior, es necesario entender los factores biológicos y ambientales involucrados en el deterioro del producto a fin de prolongar su vida en post-cosecha y preservar su calidad.

6.1. Transporte

Después de la cosecha, los aguacates se colocan en cajas de plástico, las cuales no deben exceder su capacidad. La fruta debe llevarse a la empacadora el mismo día que se corta en vehículos cubiertos, para evitar la lluvia o los rayos directos del sol, pero se debe dejar suficiente ventilación para evitar un calentamiento de la fruta (APROAM).

En el transporte, la fruta no debe ir suelta para evitar que tenga movimientos bruscos, ni tampoco debe excederse. Las maniobras de carga y descarga deben efectuarse con cuidado, evitando golpear las cajas y un movimiento excesivo de las mismas.

Por otro lado, debido a la rápida degradación de los frutos, la conservación y transporte de los aguacates destinados a la exportación se dificulta más, por lo que además de la temperatura, también deben controlarse la humedad relativa y la atmósfera de almacenamiento, como se verá más adelante. La fruta destinada a exportación, puede ser transportada por medio de camiones, aviones o barcos equipados

con contenedores, los cuales mantienen la temperatura a la cual llega el producto al embarcadero, de modo que el éxito del transporte refrigerado depende del proceso de preenfriamiento de la carga, previo al transporte. (Wills, 1981). Nagy y Shaw (1980) reportan que las temperaturas de embarque para los aguacates de raza guatemalteca y mexicana pueden variar entre 4.5 - 6.6° C y de 9° C para la raza antillana. Bower (2005), indica que el embarque de los aguacates a 2° C mantiene la calidad interna, pero puede afectar la apariencia externa.

6.2. Pre - enfriamiento

Este método tiene por objeto eliminar a la brevedad posible, el calor de campo y las altas temperaturas del producto cosechado (Arias, 2000).

En Florida los frutos se sumergen en agua fría (hidroenfriamiento) y posteriormente se almacenan en frío con temperaturas de 16°C a 24°C (Crane y Balerdi). En México, simplemente se suelen depositar en almacenes con buena ventilación que tengan paredes aislantes o cuartos fríos, donde la temperatura se mantiene constante entre 18°C y 23°C (Cervantes, 2006).

Hofman *et al.*, (1994) indican que el acondicionamiento de los aguacates a través de agua a baja temperatura (LTC a 4 - 8°C) antes de la desinfección, ayuda a mejorar la calidad de la fruta y los protege de la incidencia de daño por frío.

Por otro lado, otros estudios demuestran que la exposición a altas temperaturas (38° C - 42° C) por medio de agua caliente (HWT) o aire

caliente, también logra retrasar la maduración y ablandamiento del aguacate durante el almacenamiento al hacerlos menos propensos al daño por frío (CI) (Sanxter *et al.*, 1994; Florissen *et al.*, 1996; Woolf *et al.*, 1997; Hofman *et al.*, 2002). El inconveniente de este método es que los frutos sometidos presentan alta pérdida de agua (Ornelas, *et al.*, 2004) y la aplicación de calor por más de 24 horas causa daños en la carne de la fruta (D'Aquino, *et al.*, 1996). Woolf *et al.* (1999, 2000) sugieren que la exposición al sol antes del tratamiento los hace más resistentes al HWT y reduce la aparición de CI, debido al aumento de temperatura en la piel y la carne.

En el caso de la aplicación conjunta de ambos procedimientos LTC/HWT, los resultados indican que no parece ser más efectiva que el uso solo de LTC (Hofman, *et al.*, 2002).

6.3. Selección

El lugar donde el producto será seleccionado y empacado debe estar limpio, fresco, ventilado, sombreado y que cuente con las mesas necesarias para esas labores y con tanques para lavado. La selección se lleva a cabo manualmente o con la ayuda de máquinas. Los factores que se consideran son:

- Forma.
- Tamaño.
- Características sanitarias.
- Defectos por insectos, roedores, daños mecánicos y enfermedades.
- El destino final de la fruta.

Los aguacates en mal estado son retirados y los aguacates sanos se separan en recipientes a parte; posteriormente los frutos seleccionados se lavan con agua corriente y limpia, y si van a ser enviados a lugares distantes, se sumergen en una solución fungicida de Thiabendazol. Después del lavado o de la inmersión en la solución fungicida, se permite que se oreen; por ningún motivo deben ser colocados en el suelo durante estos trabajos (APROAM; Cervantes, 2006).

6.4. Clasificación

El siguiente paso después de la selección, es la clasificación de la fruta por tamaño (diámetro) o peso, según el sistema con el que opere la maquinaria empleada para permitir un empaquetamiento y presentación más uniforme. Posteriormente, se separa la fruta por el criterio de calibres, o sea, el número de frutos que caben en una caja de empaque con capacidad de 4 kg (Dorantes, 2006).

En México, la clasificación por calibres es como sigue:

Tabla 14. Calibres designados para el aguacate, en México.

| Designación de calibre | Peso unitario en gramos |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Súper | Mayor de 265 |
| Extra | 211 - 265 |
| Clase I | 171 - 210 |
| Mediano | 136 - 170 |
| Comercial | 85 - 135 |
| Canica | Menor de 85 |

Fuente: NMX-FF-016-SCFI-2006

Los aguacates mexicanos destinados a exportación se clasifican de acuerdo a lo exigido por los países importadores, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 15. Designación de calibres para aguacates de exportación.

| Calibres | Rango para E.U. (g) | Rango para Japón (g) | Rango para Canadá y Centroamérica (g) | Rango para Europa (g) |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|
| 12 | - | - | 306 - 365 | 306 - 365 |
| 14 | - | - | 266 - 305 | 266 - 305 |
| 16 | - | - | 236 - 265 | 236 - 265 |
| 18 | - | - | 211 - 235 | 211 - 235 |
| 20 | - | 286 - 305 | 191 - 210 | 191 - 210 |
| 22 | - | - | 171 - 190 | 171 - 190 |
| 24 | - | 212 - 278 | 156 - 170 | 156 - 170 |
| 30 | - | 170 - 211 | - | - |
| 32 | 334 - 378 | - | - | - |
| 36 | 298 - 333 | - | - | - |
| 40 | 259 - 297 | - | - | - |
| 48 | 212 - 258 | - | - | - |
| 60 | 175 - 211 | - | - | - |
| 70 | 139 - 174 | - | - | - |

Fuente: México Calidad Suprema

6.5. Envasado

El propósito de los envases es proteger la fruta durante todas las etapas de distribución, tales como transportación, carga, descarga y almacenamiento (Dorantes *et al.*, 2006).

Los envases más comunes para los aguacates, incluyen cajas de madera o de cartón corrugado con resistencia a la compresión y perforaciones que están diseñadas específicamente, para mantener una buena entrada del aire.

Las cajas de cartón deben tener una capacidad de cinco a diez kilogramos. Sobre el fondo de la caja se tiende una capa de papel acolchonado sobre el cual se acomodan frutos de un mismo tamaño: chico, mediano o grande. El empaque de cartón es ideal para la

exportación y los supermercados, pero para la distribución de los frutos en mercados mayoritarios y populares se recomienda el uso de cajas de madera, cuya capacidad sea de 20, 40 o aún 60 kilogramos, para que el producto no se apriete (Cervantes, 2006).

López y Cajuste (1999), encontraron que los aguacates se conservan mejor en cajas de cartón que en cajas de madera. También se logra una mayor firmeza y un aumento en el tiempo para alcanzar la madurez de consumo, entre mayor es la superficie de aereación en las cajas de cartón.

Las cajas individuales se acomodan para formar los pallets; el número de cajas por pallet es variable entre empacadores, pero generalmente esta constituido por un poco más de 20 cajas de 4 kilos y de un número menor cuando se trata de cajas de 6 kilos (APROAM). Es importante que el apilado de las cajas se realice cuidadosamente para economizar espacio y permitir la adecuada circulación del aire (Wills, 1981). Los envases deformados por compresión proveen poca o ninguna protección transmitiendo a la mercancía interior todo el peso de las cajas (Kitinoja y Kader, 1995).

6.6. Etiquetado

Incluye información requerida por el país o por el consumidor. Los siguientes son los datos que deben portar las etiquetas de los envases comercializados en México:

- Nombre o razón social y domicilio del productor o empacador y, en su caso, del importador.
- Nombre genérico del producto "Aguacate".
- Variedad del producto.
- Grado de clasificación.
- Contenido promedio en kilogramos, pudiéndose expresar además en otras unidades.
- Nombre del país y región de origen.

6.7. Almacenamiento

El almacenamiento adecuado de frutos reduce en gran porcentaje las pérdidas de fruto en post-cosecha, prolonga su utilidad y a veces mejora su calidad. Los objetivos principales del almacenamiento son controlar las tasas de transpiración, controlar la incidencia de enfermedades y conservar el producto para su venta (Almaguer, 1998).

Dada la intensa actividad respiratoria del aguacate y el calor que produce, el fruto está clasificado como altamente perecible y por ello su manejo debe ser delicado. Después de la cosecha, la magnitud de la respiración dependerá de la variedad del aguacate y de las condiciones ambientales a las que sea sometido durante el almacenamiento y la transportación.

Cuando el aguacate sufre heridas y magulladuras provocadas durante su manejo, y se ve sometido a temperaturas elevadas y a un ambiente seco, pierde líquidos por transpiración y acelera los procesos de maduración; en un ambiente cálido y húmedo, con facilidad puede ser

atacado por microorganismos, (Cervantes, 2006), especialmente por el hongo causante de la antracnosis *Colletotrichum gloesporioides*.

Unas prácticas adecuadas de almacenamiento incluyen el control de la temperatura, de la humedad relativa, de la circulación del aire y del espacio entre las cajas para una ventilación adecuada. El lote a almacenar debe estar libre de daños o defectos, los recipientes que contengan los frutos deberán ser lo suficientemente resistentes para soportar el apilado, con espacios entre ellos que permitan una circulación suficiente y uniforme del aire (APROAM).

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Humedad relativa

El agua que pierden las frutas cosechadas es irrecuperable y afecta la calidad de los productos, por esta razón, para una buena conservación, se recomiendan humedades relativas del 85% al 95 %.

Ventilación

La ventilación impide el exceso de humedad, pero si se trata de depósitos cerrados con ventilación inducida, se debe cuidar que la humedad no sea excesiva, ni que el ambiente sea demasiado seco (Cervantes, 2006).

Control de la temperatura

La temperatura es otro de los factores que influye en la velocidad de maduración de las frutas y conforme aumenta, también incrementa el ritmo respiratorio. Díaz (2002) reporta que a 4.5° C la respiración y la velocidad de respuesta al etileno exógeno, se retrasa con lo que se puede prolongar la vida del fruto.

El aguacate expuesto a 20°, 25°, 30° y 35°C observa un comportamiento en el que el ascenso de temperatura produce el ascenso climatérico. Aunque la exposición al etileno exógeno a 35° provoca el aumento de la síntesis propia de etileno y acelera la maduración, los procesos metabólicos se ven afectados al llegar a los 40°C, reduciéndose la actividad respiratoria e inhibiéndose por completo la síntesis de etileno endógeno (Eaks, 1978).

Refrigeración convencional

La temperatura adecuada en los aguacates dependerá de la variedad y del lugar donde los frutos fueron cultivados; Almaguer (1998) menciona que una temperatura baja disminuye la transpiración y la síntesis de etileno, incrementa la resistencia a daños mecánicos y disminuye la incidencia de patógenos y de pérdida de agua. Sin embargo el factor limitante al usar bajas temperaturas es el daño por frío (CI) (Woolf *et al.*, 2002; Pérez *et al.*, 2004).

La vida comercial del fruto se prolonga en cámaras cuya temperatura sea de 4.5°C a 18 °C. El aguacate de la raza mexicana soporta muy bien la temperatura de 4.5 °C, no obstante, para el aguacate guatemalteco y antillano, son recomendables las temperaturas mínimas de 6°C ó 7 °C (Cervantes, 2006), como se observa en la tabla 13.

Tabla 13. Condiciones de refrigeración para el aguacate.

| Producto | Temperatura | | Humedad Relativa (%) | Vida aproximada de almacenamiento |
|---------------------------|--------------------|----|-----------------------------|--|
| | °C | °F | | |
| Aguacates, Fuerte, Hass | 7 | 45 | 85-90 | 2 semanas |
| Aguacates, Lula, Booth-1 | 4 | 40 | 90-95 | 4-8 semanas |
| Aguacates, Fuchs, Pollock | 13 | 55 | 85-90 | 2 semanas |

Fuente FAO (Citando a Kader, 1992)

Temperaturas mayores conducen a un incremento en la actividad respiratoria y la pérdida de agua es mayor. Cutting *et al.* (1992), reportan que la infusión pasiva de agua en la fruta no tiene ningún efecto en el proceso de maduración pero puede inhibir la manifestación del pardeamiento post -cosecha.

*Figura 15. Cámara de refrigeración para mantener los aguacates a 3-7°C.
Fuente: Dorantes, et al.*



Control de gases

El uso de atmósferas en el almacenamiento de frutos implica la manipulación de las concentraciones dióxido de carbono y oxígeno; mediante el uso de atmósferas controladas (AC) o atmósferas modificadas (AM). Yahia (1995) señala que son preferibles aquellas atmósferas con baja concentración de O_2 que aquellas con alta concentración de CO_2 .

La diferencia entre ambos métodos es que en las AC, la atmósfera se consigue por medio de control tecnológico, mientras que las AM son

logradas de manera más pasiva (Barret, 2005). Sin embargo, el principal propósito de ambas es disminuir la actividad de respiratoria y los cambios bioquímicos de la maduración. Kanellis *et al.* (1989) reportan que en el aguacate, las concentraciones bajas de O₂ impiden el aumento en las actividades de la celulasa, la poligalacturonasa y la fosfatasa; bajo estas condiciones, también se retrasa la aparición de polipéptidos que se detectan durante la maduración. Sin embargo el prolongado tiempo de maduración alcanzado tanto por las AC y las AM, está limitado por la incidencia de antracnosis, en la fruta almacenada por medio de estos sistemas (Outdit, y Scott, 1973; Eksteen y Truter 1985).

Cabe mencionar que el almacenamiento en atmósferas controladas o modificadas, deberá utilizarse como suplemento de un control adecuado de temperatura y humedad relativa. El beneficio o daño potencial que el uso de esta tecnología puede ocasionar en la calidad y capacidad de conservación de las frutas depende de factores tales como: el tipo de producto, variedad, edad fisiológica, composición atmosférica, temperatura y tiempo de almacenamiento.

Atmósferas controladas. Consiste en un sistema con baja concentración de oxígeno, alta concentración de dióxido de carbono, alta la humedad relativa y temperatura baja.

El dióxido de carbono se introduce por medio de hielo seco o utilizando cilindros presurizados que contengan el gas; el gas se elimina con hidróxido de sodio, carbón activado o cal hidratada. El oxígeno puede desplazarse por medio de nitrógeno líquido o por recirculación, utilizando quemadores de flama abierta o convertidores catalíticos que extraen el aire de la cámara.

Los experimentos realizados por Eksteen y Truter (1985) demostraron que con 10% de CO₂, se ayudaba a mejorar la calidad de los aguacates al evitar los síntomas de daño por frío, además de que el tiempo de vida de los aguacates aumentó al doble cuando se utilizaron atmósferas controladas. Faubion (1992) también encontró que el uso de AC reducía el daño por frío, retardaba el ablandamiento y mantenía la calidad de los aguacates hasta por 9 semanas.

Los siguientes datos se refieren a las condiciones recomendadas para el almacenamiento de aguacates en atmósferas controladas:

| Rango de temperatura (°C) | Concentración (%) O₂ | Concentración (%) CO₂ |
|----------------------------------|--|---|
| 5 - 13 | 2 - 5 | 3 - 10 |

Fuente: Barret et al., 2005

Ventajas:

- El aguacate puede prolongar su vida de almacén hasta por tres meses.
- Reducción de alteraciones y podredumbres típicas del frío, ya que permite elevar temperaturas.
- Reducción de las mermas por peso.
- Reducción de fisiopatías.
- Se retrasan la maduración y el envejecimiento.
- Se retarda la sensibilidad al etileno.
- Efecto fungicida debido a la elevada concentración de CO₂.
- Se reduce el calor de respiración del fruto debido al bajo contenido en O₂ y la elevada concentración de CO₂.

Desventajas:

- Inversión inicial elevada.
- Se debe mantener la composición adecuada de la atmósfera.
- Necesidad de un instrumental tecnológico para su control.
- Limitaciones de apertura de la cámara.
- Una concentración mayor de 10% de dióxido de carbono puede incrementar el pardeamiento de la piel y pulpa del aguacate y la generación de sabores desagradables, especialmente cuando el O₂ se encuentra en concentraciones <1%.

Atmósferas modificadas. Se regulan envolviendo el fruto o las cajas de fruta con un tipo de cubierta o película, generalmente hecha de polietileno o cloruro de polivinilo, que permiten la entrada de oxígeno y la salida de dióxido de carbono (Díaz, 2002). La técnica se basa en la reducción del contenido de oxígeno y posterior inyección de nitrógeno sólo o mezclado con dióxido de carbono.

Dixon *et al.* (2004) concluyeron que el uso de bolsas de polietileno en aguacates, reduce las pérdidas de peso e incrementa el tiempo de maduración; Jacobs (1974) y Berger *et al.* (1982) también señalan que se reduce la pérdida de agua y que se extiende la vida de almacén, especialmente si las atmósferas modificadas van acompañadas de bajas temperaturas.

Hertog *et al.* (2002) señalan que el uso de atmósferas modificadas con bajas concentraciones de O₂ y altos niveles de CO₂, pueden iniciar una respiración anaeróbica con la consecuente pérdida de peso, decoloración del mesocarpio y producción de ciertos compuestos volátiles.

Para Illeperuma y Nikapitiya (2006), la modificación pasiva de los gases a través de polietileno de baja densidad (LDPE), provoca que la concentración de O₂ caiga y que aumenten ligeramente las concentraciones de CO₂, etanol y acetaldehído, al mismo tiempo que logran mantener la luminosidad y la firmeza de la pulpa de aguacate.

Yahia *et al.* (1998) explica que las películas de baja permeabilidad a O₂, CO₂ y etileno pueden mantener la atmósfera modificada por más tiempo y Díaz (2002) indica que son preferibles aquellas cubiertas que permiten una mayor salida de CO₂.

Recubrimientos. Consisten en cubrir el fruto con una capa de cera mediante aspersion o sumersion. (Almaguer, 1998).

De acuerdo con Durand *et al.* (1989) el encerado provoca un pequeño incremento de CO₂ y posible reduccion en la concentracion interna de O₂, durante el periodo pre-climatérico de los aguacates almacenados, además de que puede retrasar el ablandamiento bajo condiciones de almacenamiento en frío. Johnston y Banks (1998), indican que el encerado reduce la pérdida de masa y mejora el brillo, dando mayores beneficios que el uso de la carboximetilcelulosa, la cual no parece otorgar ninguna ventaja. El encerado en concentraciones altas produce pérdida de masa e incrementa el riesgo de anaerobiosis.

Salvador (2000) concluye que las películas de quitosán a concentración de 0.25% y hasta 2% actúan como inhibidor de la antracnosis, mantienen la calidad y prolongan la vida de almacenamiento de los aguacates hasta por seis días a 27° C

El encerado junto con el uso de bolsas LPDE permite conservar el color, firmeza y la buena condición de los aguacates hasta por cinco semanas en refrigeración, sin desarrollo de daño por frío (Rebatí *et al.*, 2002)

Ventajas:

- El CO₂ retarda el crecimiento de hongos y bacterias aeróbicas y actúa alargando la fase vegetativa del crecimiento microbiano.
- La envoltura individual evita la pérdida de humedad, protege frente a la propagación de podredumbres y mejora las condiciones higiénicas en la manipulación.
- Bajo costo.

Desventajas:

- El dióxido de carbono no es totalmente inerte y puede influir sobre el color, la consistencia y otros atributos de la calidad de las hortalizas.

Control del etileno

Lee y Young (1984) reportan que los aguacates almacenados a 100 ppm. de etileno a temperaturas altas (30°) desarrollan una superficie picada y poco sabor, y a menos de 12° C la decoloración del tejido es grave, lo que implica que la gravedad del daño por frío se incrementa al hacerlo la concentración de etileno.

La aplicación de etileno exógeno en concentraciones de 100 ppm. o menos durante 3 semanas, a bajas temperaturas desarrolla la intensificación del CI durante la vida de anaquel (20° C). La sensibilidad de los aguacates al etileno y la pérdida de firmeza también aumentan conforme progresa el tiempo de almacenamiento (Faubion, 1992; Pesis *et al.*, 2001; Arpaia *et al.*, 2006).

Hatton (1972) apunta que los aguacates almacenados sin etileno se ablandan más lentamente que aquellos almacenados con etileno. Concluye que la eliminación del gas de las cámaras, permite un aumento en el porcentaje de frutas en buen estado. Wills y Gibbons (1998) por su parte señalan que el incremento en la vida de almacenamiento puede ser alcanzado si los niveles de etileno se reducen.

La relación entre CI y etileno no es clara aún, pero se sabe que mientras la concentración de etileno no afecta la maduración, la gravedad del daño por frío se reduce. El uso de absorbentes como KMnO_4 o silicato de aluminio, para eliminar el gas durante el almacenamiento en atmósferas controladas, también reduce los síntomas (Outdit y Scout, 1973; Pesis *et al.*, 2001). Es probable que el tipo de variedad también influya; Hoffman *et al.* (1995) reportan que la piel más gruesa del cultivar Hass lo hace menos sensible al etileno en comparación con el cultivar Fuerte, el cual sólo requiere de 0.01 $\mu\text{l/L}$ para comenzar a madurar.

Comercialmente se utiliza el tratamiento con 100 ppm de etileno a 20°C (68°F) de 12 - 48 horas para inducir la maduración de consumo en 3 - 6 días, dependiendo del cultivar y del estado de madurez fisiológica.

OTRAS PROPUESTAS DE ALMACENAMIENTO

Almacenamiento a baja presión

Entre otras formas de almacenamiento utilizadas, se incluye el almacenamiento a baja presión, un sistema que opera manteniendo el producto a una temperatura específica en un contenedor sellado a presión subatmosférica. Las bajas presiones logran reducir actividad respiratoria y eliminar la producción de etileno de los aguacates. Se ha

reportado que a 60 mm Hg por 70 días, la maduración de los aguacates no se afecta cuando son transferidos a presión atmosférica. La mercancía almacenada a 200 mm Hg desarrolla menor sabor y una textura de menor calidad.

El factor limitante con este método es el ataque por antracnosis y el daño por frío (Nagy y Shaw, 1980). La desventaja es que hay una alta pérdida de agua y requiere de una alta inversión (Almaguer, 1998).

Almacenamiento en árbol

El almacenamiento en árbol puede llevarse a cabo con las variedades Fuerte y Hass, las cuales pueden permanecer en el árbol por seis meses o más, después de haber alcanzado la madurez fisiológica sin que se afecte su calidad. Generalmente la raza antillana, permanece unida al árbol por periodos cortos después de haber madurado (Nagy y Shaw, 1980; Almaguer, 1998).

El uso de radiación gamma, aumenta la vida durante el almacenamiento de los aguacates ya que logra la desinfestación del producto, reducir la carga microbiana y retrasar la maduración. El tratamiento requiere ser aplicado antes del incremento en la producción de etileno, pero si es aplicado en un estado temprano de madurez, produce efectos fitotóxicos, decoloración y pardeamiento interno, provocando bajas en la calidad del fruto (Jacobs, 1974; Barret, *et al.* 2005).

En fase experimental se encuentran algunos de los siguientes métodos: Está reportado que el tratamiento con 20% de oxígeno y 80% de óxido nitroso puede reducir los efectos de la producción de etileno y la actividad de la ACC oxidasa y a diferencia del CO₂ es menos tóxico (Gouble *et al.*, 1995). Pesis *et al.* (1993) indican que el tratamiento con

N₂ antes del almacenamiento, alarga la vida de los aguacates, al retrasar el ablandamiento de la fruta y reducir la incidencia de daño por frío, la actividad respiratoria y la producción de etileno. De igual manera, la aplicación de vapores de acetaldehído inhibe la actividad de la PG y la ACC oxidasa (Pesis *et al.*, 1998).

Ritenuour *et al.* (1997) indican que una atmósfera saturada de etanol (80%) atrasa el climaterio y el ablandamiento en los aguacates. La aplicación de vapores de acetaldehído, también inhibe la maduración, la oxidación de la fruta y la producción de etileno (Pesis *et al.*, 1998).

La aplicación de 1- metilciclopropeno (MCP) retrasa la maduración, la llegada al máximo climatérico, el ablandamiento enzimático y la producción de etileno, además de que reduce así la pérdida de agua y mejora la retención del color verde (Pesis *et al.*, 2001; Jiwon *et al.*, 2002). Jiwon y Huber (2004) concluyen que el MCP, retiene por más tiempo el color verde al afectar la actividad de la pectinmetilesterasa, las galactosidasas y la glucanasa, mientras que la poligalacturonasa logra ser completamente inhibida. Herskovitz *et al.* (2005), reportan que el MCP, también inhibe la acción de las clorofilazas, las enzimas polifenoloxidasas y la peroxidasa (POD).

El tratamiento con MCP en combinación con el encerado, retrasa el incremento en el climaterio y conduce a una mejor retención de firmeza y color de la piel, aunque no incrementa la vida de almacenamiento más allá de lo que lo hace el MCP por sí solo. La aplicación individual del encerado, no es tan efectiva como los efectos de MCP aplicado también individualmente, pero también ayuda a mantener el color, retrasar la pérdida de firmeza y la pérdida de agua (Jiwon, 2003).

El metil - jasmonato aplicado en forma líquida o gaseosa reduce la severidad del daño por frío y el porcentaje de daño en las frutas. Es probable que el metil-jasmonato pueda regular la respuesta natural a estrés por frío en las plantas y que con su aplicación se provea de un medio sencillo para reducir la presencia de CI (Meir *et al.*, 1996).

Jiménez *et al.* (2005) proponen el uso de resveratrol, un metabolito secundario de la uva, cuya actividad fungicida puede ayudar a prolongar el periodo de almacenamiento, al prevenir la aparición de patógenos.

También se han diseñado nuevos sistemas de almacenamiento para crear atmósferas modificadas. Consisten en introducir flujos de aire intermitentes por medio de contenedores de vidrio, con válvulas de presión integradas y LPDE, lo que permite reemplazar en 70% el oxígeno consumido y dar salida al CO₂ acumulado (Swanson y Berrios, 1995; Berrios, 2002).

Rensburg y Engelbretch (1986) afirman que el tratamiento de los aguacates sumergiéndolos en soluciones de calcio (CaCl₂, CaHPO₄, Ca₃(AsO₄)₂) ayuda a disminuir la oxidación de los polifenoles y reduce el contenido total de leucoantocianinas y flavonoles. Eaks (1985), también indica que el calcio reduce los síntomas internos de daño por frío, aunque hace hincapié en que puede incrementar los síntomas externos, por lo que concluye que su uso comercial no parece ser viable.

Conocer de manera más exacta el momento de la madurez del producto, es otro aspecto a tomar en cuenta para mejorar el tiempo de almacenamiento. Mizrach *et al.* (1999, 2000) y Flistanov *et al.* (2000) vuelven a proponer el análisis con ondas ultrasónicas, el cual ya ha sido mencionado en la sección de cosecha. Reportan que el método

ultrasónico aplicado sobre la superficie del aguacate permite determinar la firmeza entre el tiempo de almacenamiento, la materia seca y el contenido de aceite. La onda ultrasónica aumenta durante la maduración, y se asocia a la disminución en firmeza, lo que a su vez está relacionado con el contenido materia seca. Este tipo de análisis durante el almacenamiento puede servir como herramienta a los operadores del proceso de maduración en almacén. Un método parecido al anterior se basa en la absorción de ondas acústicas de la superficie de la piel, por medio del cual se puede determinar la firmeza. (Gaete, *et al.*, 2005).

Montoya *et al.*, (1994) exponen que la conductividad eléctrica en los aguacates, alcanza su máximo al mismo tiempo que el máximo en la producción de etileno, por lo que podría ser utilizada como un índice de maduración sencillo y rápido.

EFECTOS DEL ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES DE ANAEROBIOSIS

Se ha encontrado que a bajas concentraciones de oxígeno o en condiciones de anaerobiosis, el aguacate cambia a un metabolismo fermentativo.

Valle *et al.* (2004) encontraron que el punto de compensación anaeróbica ACP (concentración de O₂ durante el almacenamiento en atmósferas modificadas, en la cual las frutas cambian de un metabolismo aeróbico a uno fermentativo) para los aguacates es de 1.44% y 1.81% de oxígeno a 5.5 y 20° C respectivamente. De acuerdo con estos autores la producción de metabolitos fermentativos no ocurre exclusivamente a concentraciones de oxígeno menores al ACP; el

aumento de temperatura y avance en el estado de maduración, también afectan la acumulación de estos compuestos que pueden alcanzar una concentración, hasta 39 mayor en el estado post-climatérico que durante el la fase pre-climatérica.

Ke *et al.* (1995) y Burdon *et al.* (2007) indican que la concentración de oxígeno a 0.25% o concentraciones de hasta 80% de CO₂ provocan la acumulación de acetaldehído (AA), etanol (EtOH), lactato y un aumento en la concentración de NADH y la reducción de NAD. Burdon *et al.* (2007) también explican que un nivel de oxígeno menor a 0.5% resulta en el aumento de AA y EtOH, pero que las atmósferas con arriba de 20% de CO₂ sólo derivan en la acumulación de AA y no de EtOH.

A nivel enzimático, la actividad del complejo piruvato deshidrogenasa (PDH) se reduce parcialmente. Así mismo, la disminución en la actividad de la alcohol deshidrogenasa (ADH) y de la piruvato descarboxilasa (PDC) se acelera con la presencia de CO₂ (Ke *et al.*, 1995; Burdon *et al.*, 2007).

En aguacates climatéricos una atmósfera con 40% de CO₂ provoca la disminución del pH del mesocarpio y de la concentración de ATP, mientras que aquellos en estado pre-climatérico, las concentraciones altas de CO₂ provocan un aumento del ATP (Lange y Kader, 1997).

Por otro lado, los efectos de la respiración anaerobia son reversibles. Los niveles de AA y EtOH alcanzados durante el metabolismo fermentativo, pueden ser reducidos cuando la concentración de oxígeno es mayor o igual a 2%. Es importante resaltar que entre más dure la inducción hipóxica de estas sustancias, más tiempo se requerirá para que alcancen sus niveles basales (Burdon *et al.*, 2007). Ke *et al.* (1995)

proponen que el metabolismo fermentativo puede regularse por cambios en las enzimas PDC, LDH PDH y/o el control metabólico de las funciones de estas enzimas a través de cambios en pH, ATP, piruvato, acetaldehído, NADH.

La capacidad de recuperación de los aguacates, también parece estar en función de la etapa respiratoria en que se encuentren. Los aguacates Hass en pre-climaterio están mejor adecuados a la dinámica del almacenamiento, ya que se recobran rápido del estrés y parecen tolerar atmósferas bajas en O₂ con concentraciones menores a 2% (Burdon *et al.*, 2007).

Los estudios anteriores pueden ser utilizados para establecer AM más efectivas que ayuden a prolongar la vida de almacenamiento de los aguacates.

TRASTORNOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

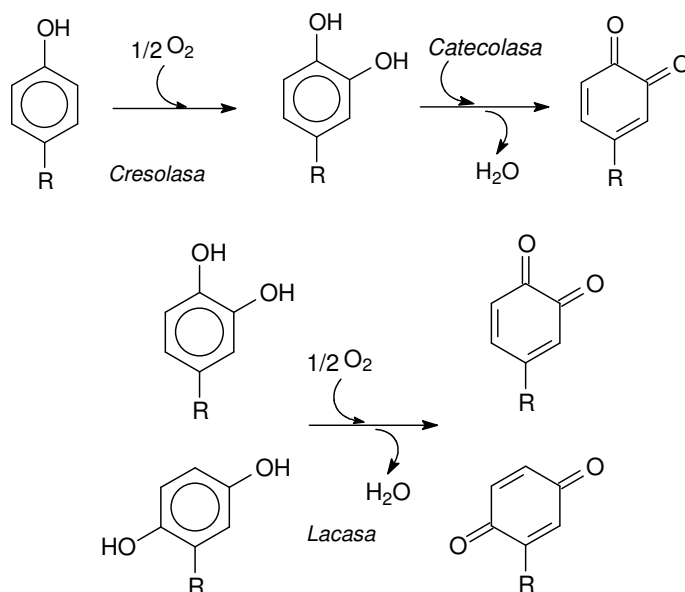
Pardeamiento

Diversas causas son las que pueden conducir al pardeamiento enzimático: los procesos de maduración, desórdenes durante el almacenamiento y heridas. Golan *et al.* (1977) concluyen que la susceptibilidad al pardeamiento en los aguacates depende del tiempo de almacenamiento después de la recolección.

Este proceso está asociado a cambios en la actividad de las PPO y la catalasa (Sharon y Kahn, 1979; Chaplin *et al.*, 1982), que incluyen la oxidación de los compuestos fenólicos y quinonas, como se muestra en la Figura 16, produciéndose el deterioro del color, sabor, textura y características nutricionales de las plantas cosechadas. De manera más

específica, se trata de catequinas, epi-catequinas y leucoantocianidinas, compuestos presentes en todos los tejidos del aguacate, muy susceptibles a la acción de estas enzimas. Otros compuestos sensibles a la oxidación, son las isoflavonas, detectadas solamente en la pulpa y la semilla; los ácidos p-cumárico y caféico identificados exclusivamente en la pulpa y los ácidos cis- y trans-clorogénicos detectados en la piel (Prabha *et al.*, 1980).

Figura 16. Reacciones catalizadas por las polifenoloxidasas.
Fuente: Barberán y Robins, 1997



Weemaes *et al.* (1998c) agregan que los aguacates son uno de los frutos cuyas PPO, muestran una de las actividades más altas en la etapa del climaterio, tanto en los tejidos de la pulpa y de la piel, en comparación con otras frutas como las uvas y las peras. Los autores también exponen la respuesta de las enzimas bajo condiciones de alcalinidad/ acidez y concluyen que a pH 7 alcanzan su máxima actividad. En condiciones ácidas, con valores de pH 4 o menos, y valores mayores a 7, se provoca una actividad más reducida de las enzimas.

Daño por frío

Este trastorno no es aparente durante el almacenaje refrigerado, sino que aparece cuando la fruta se retira del frío para comercializarla (Berger). A modo de ejemplo, los cv Hass y Fuerte tienen, en general, un límite inferior de 6°C para su almacenaje, siendo este límite 2 °C para el cv Bacon.

El daño por frío incluye la contracción y ruptura de las membranas celulares, por el paso a sólido - gel de los ácidos grasos, además de pérdida de agua, pérdida de sales minerales y azúcares al exterior de las células (Wills, 1981; Almaguer, 1998).

Los principales síntomas externos del trastorno en aguacates son picado (pitting) de la piel, escaldado y ennegrecimiento cuando se les mantiene a 0-2°C (32 - 36°F) por más de 7 días antes de transferirlos a las temperaturas para la maduración de consumo. Los aguacates expuestos a 3 - 5°C (37 - 41°F) por más de dos semanas pueden presentar oscurecimiento interno de la pulpa (pulpa grisácea, pulpa manchada, pardeamiento de los haces vasculares), problemas para madurar y aumento de la susceptibilidad al ataque de microorganismos patógenos. El momento en que el daño por frío comienza a desarrollarse y la severidad con que se presenta dependen de la variedad, región productora, estado de desarrollo (madurez fisiológica-madurez de consumo) y duración del tiempo de almacén.

7. PRODUCCIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y CONSUMO

7.1. Rendimientos

Después de llevada a cabo la siembra, por el cuarto o quinto año los árboles alcanzan el tamaño suficiente para soportar una cosecha económicamente factible de recolectar, siendo hasta el octavo año que comienzan las verdaderas utilidades; sin embargo, los rendimientos económicos del aguacate varían de acuerdo a los precios de los insumos y al precio de comercialización de la cosecha.

La producción total puede durar entre 10 y 20 años (adulthood del árbol). Este periodo puede extenderse cuando inicia la etapa de vejez con buenas prácticas culturales (Ochse *et al.*, 1976; Rodríguez, 1982).

Aunque los rendimientos en la producción aumentan gradualmente con el tiempo, las enfermedades, plagas, sequía, daños por el viento, heladas, desnutrición y exceso de sol son razones probables para una cosecha reducida (Ochse *et al.*, 1976).

7.2 Producción nacional

La variedad Hass es la más consumida mundialmente y es la que más se produce en nuestro país y también en todo el mundo. La Tabla 16 muestra las cifras en la producción nacional.

Tabla 16. Comparación entre los años 1996 y 2006 en la producción nacional de aguacate.

| Año | Sup. Sembrada (Ha) | Sup. Cosechada (Ha) | Producción (Ton) | Rendimiento (Ton/Ha) | Valor Producción (Miles de pesos) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| 1996 | 91,814.80 | 89,931.55 | 837,787.00 | 9.32 | 1,765,215.11 |
| 2004 | 101,881.82 | 100,126.62 | 987,323.34 | 9.86 | 6,085,761.27 |
| 2005 | 112,250.59 | 103,119.10 | 1,021,515.46 | 9.91 | 7,617,150.42 |
| 2006 | 114,841.79 | 105,477.26 | 1,134,249.59 | 10.75 | 9,122,963.60 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

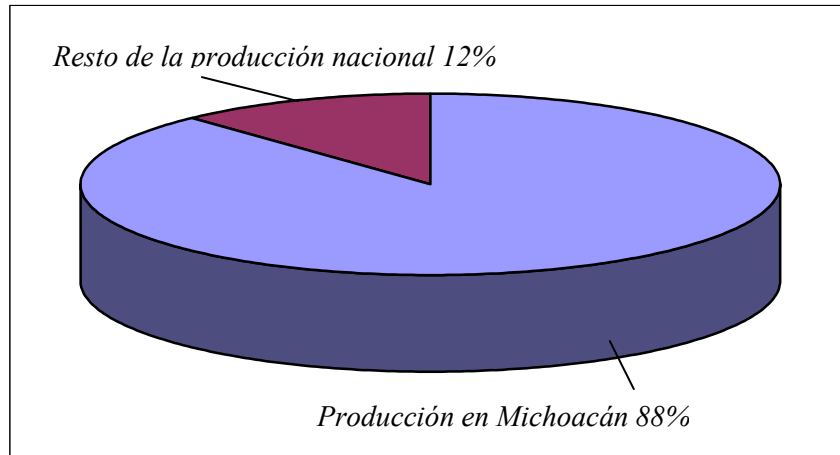
El valor de la producción nacional de aguacate ha ido en aumento. En el año 1996 se obtuvieron 837,787.00 Ton. de aguacate que ascendieron a 1,134,124.59 diez años después, como se observa en la Tabla 17.

El cultivo del aguacate está presente en la mayoría de los estados del país con excepción del Distrito Federal, Tlaxcala, Chihuahua y Coahuila, este último estado dejó de producirlo a partir del 2003. De acuerdo con la Tabla 17, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Colima, Guanajuato, Jalisco Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas han disminuido la producción durante los últimos diez años. En el resto de los estados ha habido un aumento siendo el más notable el de Sonora, cuya producción en 1996 apenas era de siete toneladas.

Los estados con mejor rendimiento por hectárea y que se ubican por arriba de las 1000 Ton. son Michoacán, Nayarit, Morelos, México y Puebla, lo que representa el 93% aprox. del total nacional. De estos estados, Michoacán es el que cuenta con mayor producción de aguacate

Hass para consumo nacional, y para exportación. Otras variedades como la criolla son cultivadas principalmente en Nayarit y Puebla.

*Figura 17. Producción de aguacate Hass en Michoacán y el resto del país.
Fuente: Elaboración propia*



En la producción, la modalidad de riego representó, en promedio, 56% de la producción total, participando en ésta los estados: Michoacán, Puebla, México, Nuevo León y Yucatán mientras que en la modalidad de temporal participó con el 44% del total y los estados que contribuyen a éste son: Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla y Guerrero. Esta última modalidad, ha ido aumentando y a partir de 2004 empezó a ser superior que la de riego (SIAP).

Tabla 17. Producción de Aguacate a nivel Nacional.

| Estado | Años (Producción TM) | |
|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | 1996 | 2006 |
| Aguascalientes | 30.00 | 40.00 |
| Baja California | 168.00 | 53.00 |
| Baja California Sur | 1,120.00 | 528.80 |
| Campeche | 601.00 | 519.50 |
| Coahuila | 22.00 | ----- |
| Colima | 738.00 | 278.00 |
| Chiapas | 3,087.00 | 1,735.07 |
| Chihuahua | ----- | ----- |
| Distrito Federal | ----- | ----- |
| Durango | 1,941.00 | 3,129.73 |
| Guanajuato | 1,877.00 | 1,210.70 |
| Guerrero | 5,967.00 | 9,254.90 |
| Hidalgo | 1,904.00 | 2,215.00 |
| Jalisco | 6,535.00 | 6,337.60 |
| México | 15,582.00 | 19,675.50 |
| Michoacán | 705,848.00 | 1,003,449.92 |
| Morelos | 19,755.00 | 26,089.10 |
| Nayarit | 22,767.00 | 22,941.36 |
| Nuevo León | 4,138.00 | 5,132.50 |
| Oaxaca | 7,704.00 | 2,956.75 |
| Puebla | 12,589.00 | 10,540.47 |
| Querétaro | 520.00 | 303.90 |
| Quintana Roo | 88.00 | 247.00 |
| San Luis Potosí | 889.00 | 111.00 |
| Sinaloa | 6,399.00 | 1,179.00 |
| Sonora | 7.00 | 412.50 |
| Tabasco | 1,072.00 | 566.00 |
| Tamaulipas | 2,202.00 | 348.50 |
| Tlaxcala | ----- | ----- |
| Veracruz | 4,562.00 | 3,482.89 |
| Yucatán | 9,019.00 | 11,191.90 |
| Zacatecas | 656.00 | 319.00 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

PRODUCCIÓN DE AGUACATE EN MICHOACÁN

Tabla 18. Producción en Michoacán(2004 – 2006).

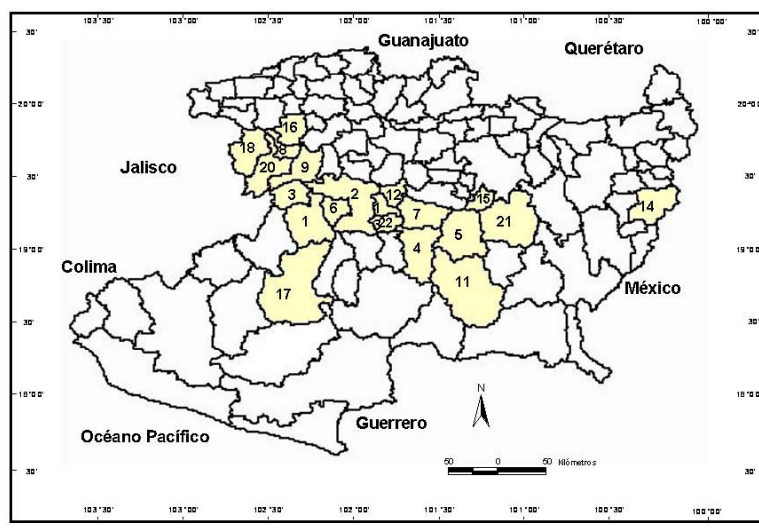
| Año | Sup. Sembrada (Ha) | Sup. Cosechada (Ha) | Producción (Ton) | Rendimiento (Ton/Ha) | Valor Producción (Miles de pesos) |
|------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 2004 | 86,546.32 | 85,417.12 | 864,069.47 | 10.12 | 5,529,081.64 |
| 2005 | 95,222.82 | 88,148.32 | 895,097.95 | 10.15 | 6,963,748.81 |
| 2006 | 96,764.32 | 88,933.82 | 1,003,449.92 | 11.28 | 8,385,893.46 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

Michoacán por sí solo produjo el 88.5% de la producción nacional de aguacate en el año 2006 y desde hace diez años el rendimiento ton/ha ha ido aumentando de 9.65 ton/ha en 1996 a 11.28 en 2006.

Los municipios más destacados por superficie y producción son: Uruapan, Tancítaro, Peribán, Ario, Tacámbaro, Tingambato, Zitácuaro, Ziracuaretiro, Nuevo Parangaricutiro, Salvador Escalante, Tingüindín, Los Reyes y Chilchota (SAGARPA). Estos municipios también han sido certificados para realizar exportaciones a E.U. En la Figura 18 se puede apreciar la ubicación geográfica del resto de los municipios productores del estado.

Figura 18. Localización de los 20 municipios productores de aguacate del estado de Michoacán.
Fuente: Barrientos y López, 1998



- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1. <i>Tancítaro</i> | 12. <i>Tingambato</i> |
| 2. <i>Uruapan</i> | 13. <i>Ziracuaretiro</i> |
| 3. <i>Peribán de Ramos</i> | 14. <i>Zitácuaro</i> |
| 4. <i>Ario de Rosales</i> | 15. <i>Acuitzio</i> |
| 5. <i>Tacámbaro</i> | 16. <i>Tangamandapio</i> |
| 6. <i>Nuevo Parangaricutiro</i> | 17. <i>apatzingán</i> |
| 7. <i>Salvador Escalante</i> | 18. <i>Cotija</i> |
| 8. <i>Tingúidín</i> | 19. <i>San Andrés Corú</i> |
| 9. <i>Los Reyes</i> | (<i>pertenece a</i> |
| 10. <i>Nuevo Zirosto (pertenece</i> | <i>Ziracuaretiro)</i> |
| <i>a Uruapan)</i> | 20. <i>Tocumbo</i> |
| 11. <i>Turicato</i> | 21. <i>Villa Madero</i> |

Gracias al excelente clima que favorece al cultivo de este fruto, actualmente se producen en Uruapan y las regiones cercanas, alrededor de 500,000 toneladas de aguacate anualmente de las cuales se exporta el 10% a mercados como Francia, Japón y Estados Unidos y Canadá entre otros. Esta intensa actividad hace que ocupe el primer lugar entre los cultivos producidos por el estado de Michoacán, por encima de la caña de azúcar y la guayaba.

El resto de los municipios productores muestra un aumento en la producción, siendo Tancítaro el que mejor lo ejemplifica, casi igualando la producción de Uruapan en el 2006. Sin embargo Ario y Ziracuaretiro van en contra de la tendencia, con una disminución en la cantidad de toneladas cosechadas.

Tabla 19. Municipios productores más importantes.

| Municipio | Producción (Ton) | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 2004 | 2005 | 2006 |
| Ario | 101,500.00 | 81,500.00 | 78,100.00 |
| Nuevo Parangaricutiro | 60,286.00 | 60,286.00 | 63,322.00 |
| Peribán | 116,075.35 | 116,557.85 | 127,508.70 |
| Los Reyes | 25,942.70 | 25,671.70 | 28,310.50 |
| Salvador Escalante | 52,910.00 | 98,527.50 | 101,040.00 |
| Tacámbaro | 88,818.00 | 86,526.00 | 103,275.00 |
| Tancítaro | 126,152.00 | 142,144.00 | 189,088.00 |
| Tingambato | 13,743.00 | 14,165.50 | 13,836.00 |
| Tingüindín | 53,012.50 | 52,979.15 | 56,557.00 |
| Uruapan | 161,838.00 | 162,789.00 | 190,850.00 |
| Ziracuaretiro | 15,046.00 | 14,467.00 | 9,520.00 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

PRODUCCIÓN EN NAYARIT

Tabla 20. Producción en Nayarit (2004 – 2006).

| Año | Sup. Sembrada (Ha) | Sup. Cosechada (Ha) | Producción (Ton) | Rendimiento (Ton/Ha) | Valor Producción (Miles de pesos) |
|-------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 2004 | 2,259.75 | 2,259.25 | 17,258.45 | 7.64 | 27,154.56 |
| 2005 | 2,328.25 | 2,323.25 | 17,735.15 | 7.63 | 30,037.30 |
| 2006 | 2,769.05 | 2,758.55 | 22,941.36 | 8.32 | 65,006.74 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

Nayarit cuenta con una extensión de 6 mil hectáreas de aguacate, las cuales se localizan principalmente en los municipios de Xalisco, Tepic y San Blas. La producción de este estado aumentó en 5 toneladas, del 2005 al 2006 y con excepción de San Blas, los otros dos municipios obtuvieron una alza en las toneladas de aguacate recolectado.

Tabla 21. Municipios productores más importantes.

| Municipio | Producción (Ton) | | |
|--------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | 2004 | 2005 | 2006 |
| San Blas | 6,348.20 | 6,347.80 | 4,371.75 |
| Tepic | 4,103.50 | 1,128.60 | 9,322.90 |
| Xalisco | 6,304.00 | 6,505.65 | 8,702.33 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

PRODUCCIÓN EN MORELOS

Tabla 22. Producción en Morelos (2004 – 2006).

| Año | Sup. Sembrada (Ha) | Sup. Cosechada (Ha) | Producción (Ton) | Rendimiento (Ton/Ha) | Valor Producción (Miles de pesos) |
|-------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 2004 | 2,502.40 | 2,502.40 | 30,947.60 | 12.37 | 184,992.80 |
| 2005 | 2,932.30 | 2,552.30 | 29,206.60 | 11.44 | 188,773.10 |
| 2006 | 2,514.30 | 2,514.30 | 26,089.10 | 10.38 | 216,840.18 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

De acuerdo con el Consejo Estatal de Productores de Aguacate de Morelos, en este estado el aguacate se cultiva en los municipios de Ocutulco, Tétela del Volcán, Yecapixtla, Zacualpan de Amilpas, Totolapan, Tepoztlán, Tlanepantla y Cuernavaca y se producen tres variedades:

- Criollo: 23.4%
- Hass 57.7%
- Fuerte: 23.4%

Tabla 23. Municipios productores más importantes.

| Municipio | Producción (Ton) | | |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 2004 | 2005 | 2006 |
| Ocuituco | 15,276.00 | 13,124.50 | 13,478.00 |
| Tepoztlán | 408.00 | 510.00 | 408.00 |
| Tetela del Volcan | 10,104.00 | 8,348.00 | 6,803.20 |
| Tlalnepantla | 2,540.00 | 3,556.00 | 2,794.00 |
| Yecapixtla | 2,352.00 | 2,775.00 | 2,169.90 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

De estos estado, Ocuitico y Tetela del Volcán, fueron los municipios productores con mayor producción de aguacate Hass en el 2006.

PRODUCCIÓN EN PUEBLA

Tabla 24. Producción en Puebla (2004 – 2006).

| Año | Sup. Sembrada (Ha) | Sup. Cosechada (Ha) | Producción (Ton) | Rendimiento (Ton/Ha) | Valor Producción (Miles de pesos) |
|-------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 2004 | 2,306.00 | 2,305.00 | 11,701.16 | 5.08 | 76,162.14 |
| 2005 | 2,707.79 | 2,261.00 | 13,612.70 | 6.02 | 79,311.89 |
| 2006 | 2,193.06 | 2,193.06 | 10,540.47 | 4.81 | 59,551.23 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

Durante el año 2000, éste estado ocupó el quinto lugar de producción nacional con un total de 10, 540.47 toneladas y una derrama económica de \$59, 551.23.

En el 2006 la SAGARPA registró 28 municipios productores. Los más importantes se muestran en la Tabla 25, de entre los cuales, Atlixco, Huaquechula, Tepexi de Rodríguez y Teziutlan los que tuvieron la producción más alta de los últimos tres años; Nealtican se mantuvo constante y en el resto se observa una disminución de los números, lo

que pudo haber ocasionado que la producción del estado en general decayera.

Tabla 25. Municipios productores más importantes.

| Municipio | Producción (Ton.) | | |
|----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | 2004 | 2005 | 5006 |
| Atlixco | 1,400.00 | 1,431.25 | 1,431.25 |
| Huaquechula | 1,480.00 | 1,480.00 | 1,270.00 |
| Hueyapan | 600.00 | 960.00 | 720.00 |
| Nealtican | 170.00 | 170.00 | 170.00 |
| Tepexi de Rodríguez | 1,729.00 | 1,729.00 | 800.00 |
| Teziutlan | 1,072.50 | 1,716.00 | 1,287.00 |
| Tochimilco | 1,004.96 | 973.75 | 973.75 |
| Zacapala | 896.00 | 896.00 | 800.00 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

PRODUCCIÓN EN EL ESTADO DE MÉXICO

Tabla 26. Producción en el Estado de México (2004 – 2006).

| Año | Sup. Sembrada (Ha) | Sup. Cosechada (Ha) | Producción (Ton) | Rendimiento (Ton/Ha) | Valor Producción (Miles de pesos) |
|-------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 2004 | 1,771.00 | 1,771.00 | 20,816.75 | 11.75 | 92,445.17 |
| 2005 | 1,805.00 | 1,805.00 | 18,945.55 | 10.50 | 108,777.28 |
| 2006 | 1,917.25 | 1,917.25 | 19,675.50 | 10.26 | 120,454.00 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

En la producción del estado de México se puede observar un aumento en la producción total del estado, aún a pesar de la disminución de toneladas cosechadas por los principales municipios productores. Sin embargo la producción de algunos municipios que no sobrepasan las 1000 toneladas, ascendió notablemente. Tal es el caso de Valle de Bravo

que en el 2004 reportó 306 Ton. y para el 2006 casi triplicó esa cantidad.

Tabla 27. Municipios productores más importantes.

| Municipio | Producción (Ton) | | |
|-------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | 2004 | 2005 | 2006 |
| Almoloya de Alquisiras | 5,110.00 | 5,110.00 | 3,155.00 |
| Atlautla | 822.30 | 929.60 | 1,054.00 |
| Coatepec Harinas | 5,745.00 | 6,834.00 | 6,225.00 |
| Tenancingo | 1,360.00 | 2,400.00 | 2,200.00 |
| Villa Guerrero | 2,388.00 | 2,388.00 | 2,292.00 |

Fuente: Anuario Estadístico, SIAP

OFERTA Y DEMANDA NACIONAL

El consumo se centra principalmente en la Cd. De México, Monterrey, Puebla y Guadalajara (Morales, 2006), que controlan el 88% del mercado mayorista de Aguacate.

Se tiene la temporada de abasto alta (octubre - febrero) y media (marzo - mayo), con la intervención de un gran número de medio - mayoristas en la comercialización. Estos se encargan de distribuir entre los comerciantes detallistas del mercado, los volúmenes que concentran los mayoristas. En cambio durante la temporada baja junio - septiembre, cuando la oferta total apenas representa entre el 64% y el 54% con respecto a la temporada media y alta, el grado de concentración se profundiza, ya que dejan de intervenir muchos de los medios - mayoristas, propiciando que los mayoristas más destacados eleven su participación como proveedores de los detallistas, que continúan comercializando el producto (SAGARPA).

7.3. Producción Internacional

El rendimiento por hectárea a nivel mundial es de ocho toneladas en promedio, pero la República Dominicana, Brasil e Israel lideran en este aspecto al obtener 12 toneladas por hectárea. México obtiene un rendimiento de 10 toneladas por hectárea, y con esta cifra se ha posicionado como el primer productor y exportador de aguacate a nivel mundial.

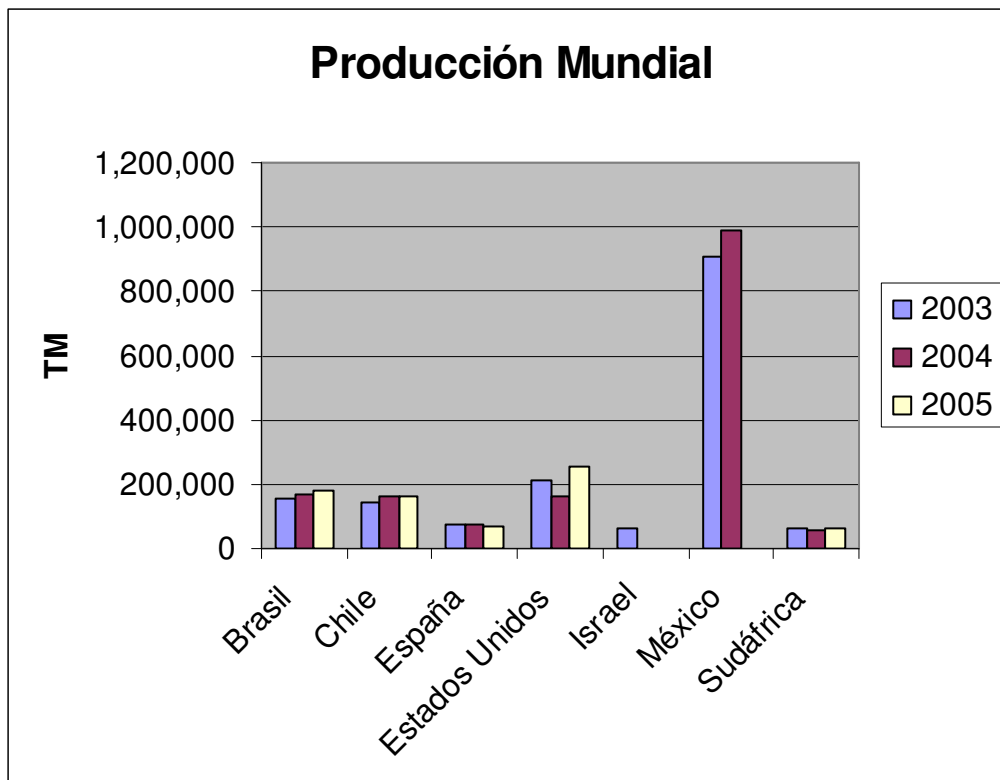
De acuerdo con Morales (2006), el número de toneladas recolectadas en Michoacán, ha aumentado desde la apertura gradual de Estados Unidos al aguacate mexicano, en 1997, lo que a su vez ha derivado en el incremento de los ingresos por exportación, pasando de 12.7 millones de dólares en 1997 a 258 millones de dólares en el 2005.

Tabla 28. Producción Mundial. TM

| País | Años | | |
|----------------|----------------|----------------|------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 |
| Brasil | 156,660 | 170,530 | 182,000 |
| Chile | 140,000 | 160,000 | 163,000 |
| España | 76,610 | 76,300 | 70,000 |
| Estados Unidos | 211,740 | 162,750 | 256,190 |
| Israel | 59,470 | 73.16 | 85.64 |
| México | 905,000 | 987,000 | 1.021,520 |
| Sudáfrica | 63,270 | 56,160 | 59,530 |

Fuente: FAOSTAT

Figura 19. Gráfico de la producción mundial. TM
 Fuente: Elaboración Propia



7.4. Exportación e Importación

La APEAM, es la organización que representa los intereses de productores y empacadores mexicanos en los mercados de exportación para el aguacate. Los servicios ofrecidos son:

- Campañas de Promoción en el mercado de EE.UU.
- Defensa de los intereses (abogados y científicos) contratados por la asociación.
- Un mercado estable y organizado.
- Visores de mercado que verifican los inventarios y monitorean precios y calidades del fruto.
- Cabildadores que realizan las gestiones para la ampliación total y todo el año a los EE.UU.

México destina el 15% de la producción total a la exportación de aguacate Hass. Su principal mercado es E.U. y de acuerdo con Salazar (2004), en la temporada 2003 – 04, Japón se convirtió en el segundo mercado más importante. Otros mercados de relevancia son Centroamérica y Europa, siendo el país de mayor importancia Francia de ese continente.

Después de México, los principales productores y exportadores de aguacate son Chile, Israel, España, Sudáfrica y República Dominicana; es importante destacar que este último país ocupa el primer lugar en exportaciones de aguacates de otras variedades a Estados Unidos.

En el ámbito de los países importadores, a pesar de que E.U. es el segundo productor de este fruto a nivel mundial, es también el principal importador, seguido de Francia, Reino Unido, Holanda y Japón.

Tabla 29. Índices de de Exportación. TM

| País | Año | | |
|----------------|------------------|----------------|----------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 |
| Brasil | 720 | 1,120 | 750 |
| Chile | 105.64 | 126,600 | 133.12 |
| España | 38,360 | 56,590 | 43,260 |
| Estados Unidos | 11,610 | 11,810 | 10,130 |
| Israel | 23,880 | 59,850 | 38,120 |
| México | 1,333,730 | 145,510 | 223,620 |
| Sudáfrica | 43,000 | 31,750 | 80,700 |

Fuente: FAOSTAT

Tabla 30. Índices de Importación. TM

| Países | Año | | |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 |
| Brasil | 60 | 30 | 60 |
| Chile | 110 | 1,110 | 110 |
| España | 12,300 | 13,100 | 15,110 |
| Estados Unidos | 155,570 | 160,030 | 239,950 |
| Israel | 70 | 390 | 70 |
| México | 1,870 | 4,000 | 1,590 |
| Sudáfrica | 690 | 1,220 | 1,410 |

Fuente: FAOSTAT

7.5. Consumo

En este aspecto, se incluyen las hojas del árbol de la raza mexicana, las cuales se utilizan como condimento en diversos platillos. Sin embargo la principal parte que se utiliza como alimento es el fruto, cuyo principal uso es como alimento en fresco y en menor medida, en productos industrializados.

En México, el aguacate ha sido un alimento importante y tradicional en la dieta diaria, desde antes de la llegada los europeos y actualmente se utiliza como parte de ensaladas, como guarnición, como sopa y para preparar guacamole, entre muchos otros usos (Cervantes, 2006).

En Sudamérica principalmente en Brasil, se consume como postre y también como acompañamiento para platillo; en Perú se usa para preparar palta rellena, sopa de palta y como acompañamiento en diversos platos de la variada gastronomía peruana. También puede incorporarse en platos sofisticados como flanes, y hasta helados.

A nivel mundial, el consumo del aguacate se estima en 350 g. y de 800 g. en E. U. anualmente, pero México ostenta la mayor cifra con 8kg/hab. anualmente, haciendo que el mercado nacional sea más demandante que el mercado externo, para los productores mexicanos.

7.6. Calidad

La comercialización del aguacate está en función de su buen manejo desde su cultivo hasta su llegada a los centros de distribución, con el fin de evitar daños y lograr un aspecto saludable del producto. En México, los frutos destinados al consumo en fresco deben haber alcanzado el 21.5% de materia para ser cosechados, deben estar limpios, sin insectos, sin olores, sabores extraños ni ennegrecimiento de la pulpa.

Cabe mencionar que las normas publicadas por la Secretaría de Economía permiten la presencia de ciertos defectos, por lo que se ha creado una clasificación de acuerdo a la calidad de cada fruto, como se puede observar en la Tabla 31. Aquellos aguacates que no cumplan con ninguno de los requisitos exigidos, se clasifican como Clase III, que se considera como descalificada para consumo en fresco. Los aguacates de este tipo pueden ser considerados para procesos industriales.

Tabla 31. Requisitos en la calidad del aguacate Hass.

| Grado de Calidad | Aspecto | | Causa de los defectos | | | | | | |
|-------------------------|----------------|----------------|---|------------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|
| | <i>Color</i> | <i>Forma</i> | <i>Varicela</i> | <i>Clavo</i> | <i>Viruela</i> | <i>Roña</i> | <i>Insectos</i> | <i>Daños mecánicos o daños por larvas</i> | <i>Quemaduras por sol o por frío</i> |
| Suprema | Característico | Característico | No | No | No | No | No | No | No |
| Clase I | Característico | Característico | En no más de 6 cm ² de la superficie | No | Hasta 5 pústulas de viruela | En no más de 6 cm ² de la superficie | En no más de 6 cm ² de la superficie | No | No |
| Clase II | Característico | Característico | Presentes en 50% de la superficie máximo | Hasta tres pústulas de clavo | Máximo 10 pústulas | Presentes en 50% de la superficie máximo | Presentes en 50% de la superficie máximo | No deben afectar severamente la pulpa del fruto | Presentes en 30% de la superficie máximo. |

Fuente: México Calidad Suprema

7.7. Normatividad

A continuación se señalan cuales son las normas publicadas por la Secretaría de Economía y la SAGARPA, las cuales exigen el cumplimiento de los requisitos para la comercialización del aguacate en México.

NOM-069-FITO-1995 Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate.

Se refiere a los requisitos de control fitosanitario de las zonas donde se cultiva el aguacate y su transporte dentro de territorio mexicano. Se basa en criterios establecidos por el Codex Alimentarius, para garantizar que se cumple con altos estándares de calidad (España, 2007).

La norma indica que en la comercialización del aguacate, los principales obstáculos son la aparición de las plagas del barrenador grande del hueso del aguacate, el barrenador pequeño del hueso y de la palomilla barrenadora.

El cumplimiento de los requisitos exigidos por esta norma para el control fitosanitario de los frutos, es verificado mediante inspecciones a la mercancía, a las empacadoras y a los medios de transporte.

Los municipios declarados como exentos de la presencia de plagas cuarentenarias, ya han sido mencionados en el capítulo de Horticultura.

Esta norma no tiene concordancia con otras normas internacionales.

NOM-128-SCFI-1998 Información comercial-etiquetado de productos agrícola-aguacate

Esta norma se refiere al etiquetado de los envases utilizados durante el transporte de los aguacates para consumo humano, de origen nacional o extranjero. Se aplica a mercancía que incluya aguacates de la variedad Hass o Fuerte.

NMX-FF-016-SCFI-2006 Productos alimenticios no industrializados para uso humano – fruta fresca – aguacate (Persea americana Mill) – especificaciones

La norma retoma las pautas marcadas por el Codex Alimentarius. Indica los requisitos con los que debe de cumplir el aguacate Hass cultivado en México. Clasifica al aguacate de acuerdo a su grado de calidad y calibre. Menciona lo requisitos a ser cumplidos para su etiquetado, envasado y, así como el mínimo de materia seca necesario para la cosecha.

PC – 001 – 2004 Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en aguacate

Las disposiciones de este documento tienen por objeto otorgar el signo distintivo México Calidad Suprema a los aguacates variedad Hass, de alta calidad producidos en el estado de Michoacán. Los productos dentro de esta clasificación tienen un solo grado de calidad: Calidad Superior.

Los productores que aspiren a este distintivo, deberán cumplir con las especificaciones para los siguientes puntos:

- Etiquetado.
- Verificación de la mercancía durante la recepción.
- Daños mecánicos.
- Daños fitopatológicos.
- Daños entomológicos.
- Residuos de cal y cobre.
- Daños físicos .
- Uniformidad.
- Peso.
- Condiciones de embalaje.
- Sellos en empaques y cajas.
- Condiciones de refrigeración.
- Condiciones de Carga o Transporte.
- Datos y documentación del embarque.

CODEX STAN 197-1995 Norma del Codex para el Aguacate

Es una norma internacional que se refiere a la clasificación del aguacate por su calidad y calibre. Establece los requisitos mínimos que deben cumplir todas las categorías y se refiere a también a su envasado, etiquetado y presencia de contaminantes, que incluyen, metales pesados y residuos de plaguicidas

PROY-NMX-F-052-SCFI-2007 Aceites y grasas-aceite de aguacate-especificaciones

Actualmente es la única norma referente a la industrialización del aguacate y se enfoca en la obtención de aceite comestible obtenido de la pulpa de frutos, que por sus características no son aptos para su consumo en fresco.

Distingue dos grados de calidad del aceite:

- Aceite de aguacate
- Aceite comestible puro de aguacate

El aceite obtenido, se define como aceite comestible puro de aguacate y debe contener 98.5% de aceite de aguacate refinado como mínimo.

Ambas clasificaciones deben cumplir con las especificaciones de olor, sabor apariencia, propiedades fisicoquímicas, contenido de ácidos grasos, contenido de tocoferoles y cantidad de antioxidantes usados. Lo referente al etiquetado, envase y almacenamiento del aceite, también queda referido en esta norma.

United States Standards for Grades of Florida Avocados

Norma de Estados Unidos que establece las especificaciones para los aguacates en grados de calidad USDA1, 2, 3 y no clasificados, tolerancias y empaque.

UNECE STANDARD FFV 42 Norma europea para aguacate

Reglamento No 387. Ambos Establecen las disposiciones relativas a calidad y calibre del aguacate que se comercializa entre los países miembros.

<http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/pages/c>

8. INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PULPA DE AGUACATE

Los aguacates no apropiados para el consumo fresco se destinan a la producción de aceite o a la obtención de rebanadas que posteriormente se utilizarán para cortarse en cubos o elaborar pulpa de aguacate congelada, dip, salsas y guacamoles (Barret *et al.*, 2005)

El paso inicial durante para el procesamiento de aguacates, es la eliminación de la cáscara, la cual generalmente se hace manualmente. Se han propuesto algunos métodos industriales, para llevar a cabo esta operación mediante el uso de tambores rotatorios (Moore, 2007). Swisher (1986) propone la inmersión de aguacates en aceite caliente a 275 - 400° F, para separar la piel de la carne de aguacate. El método permite retirar la cáscara más fácilmente sin afectar el sabor.

La adición de conservadores y la refrigeración o el congelamiento, retrasan la aparición de la oxidación (Nolan, 1983; Elez, 2005), la cual es el factor limitante en la conservación de los estos productos. El enlatado, no ha logrado buenos resultados debido a que la pulpa desarrolla sabores amargos al calentarla durante el proceso (Olaeta, 1990 citando a Rodríguez *et al.*, 1979).

8.1. Productos deshidratados

En estos productos, el contenido inicial de aceite y el proceso de congelado que se utiliza antes del secado, son algunos factores que pueden afectar el proceso (Alzamora y Chirife, 1980), el cual se lleva a cabo a nivel industrial utilizando tambores, o por medio del secado por atomización (Barret *et al.*, 2005).

El polvo obtenido por deshidratación osmótica y combinado con maltodextrinas y NaCl, se ha mantenido estable en relación al color y a la actividad microbiológica (Olaeta, 2003 citando a Schwartz, *et al.*, 2001). Los productos obtenidos por liofilización también presentan características sensoriales aceptables (Kaplaner *et al.*, 1984). Por otro lado, Santos *et al.* (1985) investigaron los factores que inducen el apelmazamiento del polvo durante el almacenamiento. Concluyeron que este fenómeno junto con la absorción de agua, se ven favorecidos por el incremento de la temperatura y de la humedad relativa. El uso de ciertos estabilizantes como la carboximetilcelulosa, tiene poco efecto para evitar la aglomeración, y en otros casos incluso la induce, tal es el caso de la lactosa y el almidón.

*Figura 20. Aguacate en polvo.
Fuente: www.aguacateenpolvo.com*



8.2. Obtención de Guacamole

Barret *et al.* (2005) describen que la primera fase del proceso es la eliminación de los pedúnculos y la cáscara. A continuación la fruta se corta a mano o mediante el uso de cuchillas circulares rotatorias. La pulpa se separa de la piel, manualmente por medio de palas o mecánicamente, mediante el uso de tambores de acero perforados a través de los cuales, la pulpa es extruída. La pulpa obtenida se transfiere a una mezcladora donde se mezcla con el resto de los ingredientes, hasta lograr un sabor uniforme.

En el empaquetamiento, se llenan los contenedores, se revisa el peso, y el producto se sella al vacío o después de habersele inyectado nitrógeno. El último paso incluye el congelamiento rápido de cada paquete y su embalaje y almacenamiento en pallets a -22° C.

Figura 21. Guacamole empaquetado.

Fuente: [Dorantes et al.](#); chile.acambiode.com



8.3. Otros productos congelados

Abarcan la obtención de rebanadas y mitades, para lo cual, los aguacates se cortan a mano y posteriormente el producto se sumerge o se rocía con soluciones de antioxidantes y luego se congela. Los paquetes normalmente se inyectan con nitrógeno y se almacenan a -18°C .

La obtención de salsa de aguacate, inicia con la obtención de la pulpa de igual manera que el guacamole y se mezcla después con agua, gomas, espesantes y especias. El producto se bombea a contenedores de polietileno o cartones que se sellan y se almacenan a -18°C .

MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE LOS PRODUCTOS PROCESADOS

Métodos físicos

Gerdes y Parrino (1995) exponen que las rebanadas de aguacate fresco previamente bañadas en ácido cítrico, mantienen su color y mejoran su textura cuando se colocan en bolsas de polietileno laminado, con una mezcla de gases de 5% CO ; 15% O_2 ; 80% CO_2 y aire 100 mm Hg. El color no se afecta y se mejora la textura. Gómez (1970) indica que se la velocidad de oxidación en el puré y el guacamoles se reduce, cuando son almacenados con nitrógeno a 21°C .

Weemaes *et al.* (1998a, 1998b) proponen el uso de presión para la inactivación de la PPO (catecol oxidasa). Idican que su efecto puede ser mayor cuando se usa en combinación con agentes químicos como el EDTA, el ácido benzoico o el NaCl. Palou *et al.* (2000) lograron disminuir las cuentas de bacterias y hongos e inactivar por completo la

lipoxigenasa y la catecoloxidasa usando HHP 689 (MPa durante 15 min). De igual manera, López *et al.* (1998) concluyen que la aplicación de alta presión hidrostática (HHP), puede inhibir reacciones enzimáticas indeseables, como el pardeamiento en el puré, sin afectar el color; concluyen que el tratamiento HHP extiende la vida de anaquel a más de 30 días a 5- 25 °C y puede combinarse con otros factores de conservación como el pH ácido.

Zarazúa *et al.* (2005) indican que el tratamiento utilizando película para vacío, Vacum 300 y antioxidantes (alfa-tocoferol, ácido L-ascórbico y butilhidroxi-tolueno) a 5 °C, mantuvo el aroma y apariencia aceptables en rebanadas de aguacate; redujo de forma considerable la pérdida fisiológica de peso, aminoró los desórdenes causados por el frío y conservó al producto en perfectas condiciones (libre de hongos) a lo largo de 13 días.

Jiménez *et al.* (2001) reportan que la aplicación de microondas durante 180 seg. inhibe la actividad de la PPO en la pasta de aguacate.

Aditivos

Guzmán *et al.* (2002) concluyeron que la aplicación de 120 ppm. de cloruro de zinc y 12 ppm. de cloruro de cobre a pH 5.5, ayuda a mantener el color en purés una vez que son sometidos a irradiación con microondas. La retención de color es producida por la formación de complejos entre las clorofilas con los cationes metálicos.

La mezcla de bisulfito de sodio y ácido ascórbico puede prevenir la decoloración y el cambio de sabor, provocados por la oxidación por la PPO en purés al reducir el pH (Bates, 1968; Ahmed y Barmore, 1978).

Sin embargo, se ha encontrado que el jugo de limón o HCl para ajustar el pH de 6.6 a 5.1 acelera el proceso de pardeamiento (Bates, 1968).

Carvallo y Schaffeld (1983) lograron obtener productos con buenas características sensoriales al adicionar 0.01% BHT; 1.3% NaCl; 0.2% azúcar; 0.2% de ácido ascórbico; 0.1% de ácido sórbico y 0.3% 0.0075 de EDTA, con almacenamiento a temperatura de 8° C en paquetes de PVC.

Al hacer comparaciones de varias mezclas de antioxidantes en polvo de aguacate, Grajales *et al.* (1999) concluyeron que a temperaturas de 6 - 12°C, la mezcla de TBHQ y ácido cítrico, da mejores resultados al inhibir el desarrollo de la rancidez mejor, que el BHA y elpropilgalato (PG) Sin embargo, Agudelo (1993), reporta el obscurecimiento de la pulpa de aguacate, al usar mezclas de BHA, BHT y ácido cítrico a 10° C.

El uso de resorcinolos substituidos, los cuales están relacionados con los substratos fenólicos, también han sido reconocidos como inhibidores de la PPO (Barberán y Robins, 1997), aunque de acuerdo con Elez *et al.* (2005), su aplicación no parece tener mejor efecto que el ácido ascórbico

Microbiología de los productos procesados

Los análisis microbiológicos están enfocados a detectar los siguientes microorganismos:

- Mesofílicos aerobios.
- Coliformes totales.
- Coliformes fecales.
- *Escherichia coli*.
- Hongos y levaduras.
- *Salmonella*.
- *Staphylococcus aureus*.
- *Vibrio cholerae*.
- *Listeria monocytogenes*.

Hay que destacar que a pesar de que el pH de la pulpa de aguacate (6.2 - 6.7), propicia un rápido crecimiento de microorganismos, los productos obtenidos no son sometidos a pasteurización o esterilización debido a que se degradan rápidamente.

Iturriaga *et al.* (2002) señalan que el guacamole procesado logra mantenerse en buen estado, aún a temperatura ambiente porque la adición de conservadores como el ácido cítrico y el pirofosfato disódico inhiben el crecimiento de *L. monocytogenes*. En la pulpa sin procesar, el desarrollo de este microorganismo también logra inhibirse si se aplican temperaturas de entre 4 y 7°C; sin embargo su desarrollo puede aumentar a temperatura ambiente (Arvizu *et al.*, 2001; Iturriaga *et al.*, 2002).

Las cuentas de coliformes y anaerobios aumentan tanto en la pulpa sola como en el guacamole a temperatura ambiente y aún bajo refrigeración o congelación (-18° C) (Iturriaga *et al.*, 2002).

Soliva *et al.* (2004), indican que la adición de maltosa mejora la estabilidad de los productos, al reducir el A_w ; señalan que el ácido sórbico a 300mg/kg, evita el crecimiento de levaduras y hongos y que el empaquetamiento al vacío y almacenamiento en frío (4°C) puede

conservar los purés sin crecimiento microbiológico, evitando así, la adición del ácido sórbico.

La aplicación de medidas de sanidad durante el proceso en la planta, también pueden impedir el crecimiento bacteriano (Barret *et al.*, 2005).

Desventajas de algunos procesos de conservación

El proceso industrial del aguacate conlleva riesgos que pueden impactar de manera negativa sobre la calidad de los productos obtenidos.

Las altas temperaturas provocan pérdida de las cualidades sensoriales de los productos procesados (Delgado y Valle, 1985; Guzmán *et al.*, 2002). López *et al.* (2004) indican que al gregar 1% de hojas de aguacate, se compensa la pérdida de volátiles debido a que contienen compuestos como el 2-hexenal, estragol y los terpenoides. Delgado y Valle (1985) encontraron que bajo atmósferas de SO₂, se logra una disminución en la actividad de la catecolasa en las rebanadas sometidas a la acción del gas; sin embargo a concentraciones de 300 ppm afecta las propiedades sensoriales.

El uso de irradiación gamma no produce sabores amargos, pero puede generar productos pobres en sabor, color y olor. Se sugiere que la adición de sorbato de potasio puede ayudar a proteger el cambio de sabor durante la radiación. (Eisenberg *et al.*, 1969).

Los estabilizantes como las gomas, alginatos, polifosfatos y aquellas que inhiben el desarrollo microbiano, como son el sorbatato y benzoato de sodio o potasio, en algunos casos llegan a alcanzar niveles superiores al 20% en la mezcla, lo que reduce el porcentaje de aguacate, bajando así

la calidad del producto final (Olaeta, 2005). Un ejemplo de ello lo proporcionan Soliva *et al.* (2004) al reportar que la cantidad de maltosa requerida para conservar la pulpa de aguacate, puede tener efectos negativos sobre las propiedades sensoriales.

8.4. Obtención y usos del aceite de aguacate

Se ha encontrado que el aguacate de la variedad Hass, por su alto contenido de aceite es el más compatible con el proceso de extracción de aceite. La calidad de este producto dependerá en parte de la región en donde se cultive el aguacate, así como de la madurez del fruto.

La extracción del aceite del aguacate se ha realizado desde hace muchas décadas y su uso principal ha sido cosmético, principalmente por su alta estabilidad, su contenido en vitamina E (Requejo *et al.*, 2003) y su alta penetración a través de la piel. Dentro de ésta área, se utiliza en la preparación de cremas para manos y cuerpo, ungüentos y jabones.

Actualmente se ha incrementado la producción de aceite extra virgen para fines culinarios. Olaeta (2004) indica que también se está comercializando en forma de aerosoles para cocinar y en cápsulas, lo que lo hace ser un buen suplemento dietético.

La planta de AVOLEO S. A. de C. V. ubicada en Michoacán, reporta el proceso de extracción de aceite de grado alimenticio como sigue:

- Extracción por centrifugación.
- Procesos de refinación. Para eliminar ceras y otros componentes.

- Blanqueado. Para la eliminación del color oscuro del aceite crudo mediante el uso de carbón activado (Rentería, 1986).
- Desodorización. . El aceite de aguacate crudo tiene un olor fuerte y característico, y en ésta etapa del proceso se elimina.
- Winterización. En esta etapa se elimina la posibilidad de turbiedad por la presencia de glicéridos saturados que pueden solidificarse a bajas temperaturas (Rentería, 1986).

El resultado es un aceite claro, con buena estabilidad, pero de poco sabor.

De acuerdo con lo establecido por la PROY-NMX-F-052-SCFI-2007, el proceso de extracción debe seguir los siguientes pasos:

- Molienda.
- Mezclado y calentamiento indirecto.
- Adición de agua caliente.
- Machacado.
- Separación/ decantación.
- Filtración y separación de la fase aceite.
- Clarificación.

Otros métodos para procesar aceite

Freitas *et al.* (1998) señalan que la extracción enzimática es una técnica adecuada para ser usada a escala industrial. Las propiedades fisicoquímicas del aceite obtenido, son aceptables y la composición de ácidos grasos es similar a la del aceite de oliva. El rendimiento es de hasta 70%, aunque puede variar dependiendo de las variedades de fruta utilizadas, las cuales pueden ser en orden decreciente Fuerte, Hass y Ettinger preferentemente (Freitas *et al.*, 1998; Castaldo *et al.*, 1997).

Turatti *et al.* (1985) indican que el uso de disolventes orgánicos en la pulpa deshidratada conlleva un rendimiento de 70% y de acuerdo con Martínez *et al.* (1988) el hexano logra un alto grado de recuperación.

Por otro lado, Bizimana *et al.* (1993) plantean el uso de la fuerza centrífuga y sales de calcio a pH ácido (5.5), para obtener una recuperación de 70% - 80%, evitando el uso de los disolventes. Wei *et al.* (1996) aseveran que con la combinación de calor (100°C) y concentraciones de electrolitos, el porcentaje de recuperación de aceite es de 89%, por lo que sería un método adecuado para su uso a escala comercial.

La fuerza centrífuga sola también produce rendimientos similares y permite que el índice de peróxidos y la materia insaponificable en el aceite, sean menores que con el uso de disolventes orgánicos o la presión (Turatti *et al.*, 1985).

Ortiz *et al.* (2003) proponen la combinación de hexano y microondas, para aumentar el rendimiento y lograr un aceite de mayor calidad y menor contenido de ácidos grasos trans, que con el uso del hexano sólo. Estos autores añaden que el uso individual del hexano, provoca irregularidades en las paredes celulares de la pulpa utilizada y que su rendimiento es de 59%, mientras que la extracción utilizando solo acetona es de apenas 12%, deforma las células y el aceite permanece dentro de ellas. El uso de microondas y presión conserva bien la estructura celular y su rendimiento es de 67% (Ortiz *et al.*, 2004) y de manera similar la presión por sí sola, produce un rendimiento de 60% (Turatti *et al.*, 1985).

Asimismo, Dorantes y Ortiz (2006) plantean el uso de microondas para calentar la pulpa y posteriormente presionarla, someterla a almacenamiento en frío y finalmente centrifugarla, para obtener aceite extra-virgen de alta calidad, sin el uso de disolventes orgánicos o agentes químicos, evitando desperdicio de agua y energía durante el proceso. Señalan que el aceite que se obtiene, posee una alta concentración de vitamina E, fitoesteroles, luteínas y clorofilas. El método evita el contacto con el aceite de la semilla y los componentes de la piel, que podrían contaminar el aceite extra-virgen obtenido de la pulpa. La pasta residual no requiere refrigeración, es estable al calor y puede ser usada como base para la preparación de dips, salsas, cremas, condimentos, etc.

Soares *et al.* (1992) indican que en el proceso de clarificación del aceite, se reducen los costos si se usa ácido oxálico en vez de carbón activado; agrega que se eliminan mejor las clorofilas y las feofitinas, se disminuye la concentración de ácidos grasos libres, la estabilidad se ve poco afectada y la materia insaponificable presenta mejor actividad antioxidante.

Almacenamiento del aceite

Werman y Neeman (1986) apuntan que el aceite de aguacate es muy sensible a la oxidación cuando es expuesto a la luz del día y a la luz fluorescente; bajo estas condiciones, el contenido de clorofilas en el aceite crudo se reduce rápidamente y la formación de peróxidos es similar a la del aceite de soya, pero mayor que la del aceite de oliva. Si se conserva a temperatura ambiente y en la obscuridad presenta más estabilidad, lo cual podría deberse a la gran cantidad de tocoferoles presentes (Paquot, 1971), por lo que para evitar su deterioro, debe estar contenido en envases oscuros a temperatura no superior a 25°C.

Se acepta el uso de los antioxidantes BHA, BHT, TBHQ y propilgalato (GP).

8.5. Uso industrial de desechos

Los desechos provenientes de la industrialización del aguacate incluyen la semilla y la cáscara.

Desde tiempo de la conquista, se observó que el líquido lechoso de la semilla se torna color rojo cuando se expone al aire, por lo cual fue utilizado como tinta para escribir. Devia y Saldarriaga (2005) explican que aún no se tienen muchas características fisicoquímicas del colorante y proponen su extracción a nivel industrial. El proceso consiste en moler la semilla y enseguida mezclarla con una solución diluida de hidróxido de sodio a temperatura menor 75° C y agitación. El extracto que se obtiene se filtra y somete a evaporación a 75° C. La solución que queda se calienta a 40° C para obtener el colorante en polvo.

La planta de Avoleo reporta que los productos de desecho de la obtención de aceite pueden servir como composta, alimento para ganado y materia prima para la elaboración de jabones de baño.

Olaeta *et al.* (2007) proponen el uso industrial de la semilla de aguacate, para la elaboración de un snack. El proceso consiste en secar con aire caliente a una temperatura de 65°C, la semilla durante 2 – 3 hrs. y luego pulverizarla en un molino de discos. El producto terminado, termina secándose para reducirle la humedad hasta alcanzar 15%; subsiguientemente se extruye sólo, o con una mezcla de maíz molido en proporción 40%– 60% (aguacate/ maíz). Los autores señalan que el snack 100% semilla de aguacate, es de buena calidad, con características similares a las de los productos obtenidos comercialmente, mientras que la mezcla aguacate - maíz, posee una humedad más alta de lo marcado por lo estándares.

9. Conclusiones

En este trabajo se logró reunir información acerca de los diversos estudios en torno al aguacate, los cuales se centran principalmente en los siguientes puntos:

- Investigaciones para lograr mejoras en la agricultura y el cultivo. Tienen la finalidad de conocer más a fondo las enfermedades y plagas que atacan al fruto, para tener un mejor control de estas. También se enfocan en la obtención de frutos de mejor calidad, que sean más resistentes a las condiciones ambientales.
- Investigaciones para la conservación del aguacate. Proponen mejoras en la tecnología utilizada para el almacenamiento del aguacate e incluso presentan modelos más innovadores, con el fin de alargar la vida de almacén del fruto.
- Investigaciones en la composición química y en fisiología. Implican los seguimientos realizados, para conocer las variaciones en la composición y en el metabolismo del fruto, durante su desarrollo. Hay interés especial, en conocer más acerca de la actividad enzimática y los procesos químicos implicados en el pardeamiento del aguacate, el cual es uno de los principales problemas que ocurren durante y después del almacenamiento, por lo que estos estudios van de la mano con los enfocados a la conservación del fruto.
- Investigaciones para la industrialización. Se encaminan a hacer más duraderos los productos procesados de aguacate, ya que en

ellos, el problema del pardeamiento continúa estando presente. También se enfocan en mejorar los métodos de obtención, para lograr mejores rendimientos, sobretodo en lo respectivo a la obtención de aceite, el cual ha incrementado su presencia en los mercados, en nuestros días. Sin embargo, es notable que actualmente no parece existir interés en lograr un buen aprovechamiento de los residuos resultantes de la industrialización del aguacate, por lo que las investigaciones al respecto, aún son escasas.

Todos los estudios anteriores han repercutido en beneficios para los productores de aguacate, de manera que su explotación es posible en países con climas poco parecidos a los del lugar de origen del fruto; igualmente, el incremento en el tiempo de almacenamiento, ha hecho posible su comercialización a nivel mundial, aún a pesar de la distancia entre países.

A nivel nacional, se ha logrado mejorar el cultivo de aguacate por medio de buenas prácticas de agricultura, que incluyen un mejor control de las plagas de los barrenadores del hueso del aguacate (*Conotrachelus perseae* y *Heilipus luari*) y la palomilla barrenadora (*Stenomema catenifer*), conocidas como plagas cuarentenarias; lo cual ha permitido que México se coloque como el principal productor y exportador del fruto, muy por encima de cualquier otra nación; aunque esto no significa perder de vista los esfuerzos del resto de los países productores, de mejorar la calidad de sus cultivos y de colocar sus productos en una mejor posición, dentro del escenario mundial.

Lo expresado en el párrafo anterior justifica una vez más la creación de una norma de denominación de origen que permita asegurar que sean

para México, los beneficios derivados de la procedencia nacional del aguacate y su comercio.

Bibliografía

- ADATO, I.; GAZIT, S. y BLUMENFELD, A. **Relation between changes in abscisic acid and ethylene production during ripening of avocado fruits.** Australia Journal of Plant Physiology. 3(4) 555-558. 1976.
- AGUDELO, H. C. A. **Preservation of avocado pulp.** Chile Hortofruticola. 6(33): 19-20. 1993.
- AHMED, E. M. y BARMORE, C. R. **Quality of processed avocado products.** Abstracts of Papers, American Chemical Society, 176. 1978.
- ALMAGUER, G. **Planeación de una Huerta en Principios de Fruticultura.** Mundi Prensa. 3a. edición, México. pp. 143-168, 1998.
- ALZAMORA, S. M. y CHIRIFE, J. **Some factors controlling the kinetics of moisture movement during avocado dehydration** Journal of Food Science. 45 (6): 1649-1651. 1980.
- ARVIZU, S. M.; ITURRIAGA, M. H. y ESCARTIN, E. F. **Indicator and pathogenic bacteria in guacamole and their behavior in avocado pulp** Journal of Food Safety. 21(4): 233-244. 2001.
- ASHTON, O. B. O.; WONG, M.; McGHUIE, T. K.; VATHER, R.; YAN-WANG; REQUEJO, C.; PADMAJA-RAMANKUTTY y WOOLF, A. B. **Pigments in avocado tissue and oil.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54(26): 10151-10158. 2006.
- AWAD, M. y YOUNG, R.E. **Postharvest variation in cellulose, polygalacturonase and pectimethylesterase in avocado (*Persea Americana* Mill, cv. Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production.** Plant Physiology. 1979; 64(2) 306-308.
- BARBERAN, T. y ROBINS, R. J. **Phenolic compounds and oxidative mechanism in fruit and vegetables en Phytochemistry of fruit and vegetables** Oxford Science Publications. 1a. edición, U.S.A. pp. 50-58. 1997.
- BARRET D.M.; LASZLO, S. y RAMASWAMY, H. **Capítulo 11. Ionizing Radiation Processing of Fruits and Fruit Products en Processing fruits: Science and Technology** CRC Press USA. 2a. edición, USA. pp. 233-234. 2005.

Ibid. **Capítulo 30. Avocados.** pp. 739-750

BARRIENTOS, P.; BORY, M.; BEN-YA'AKOV, A.; LÓPEZ, L. y RUBÍ, M. **Progress of the study on the avocado genetic resources: the findings from the Mexican gulf region.** Proceedings of The World Avocado Congress III, 91 - 95. 1995.

BARRY, G. A.; BROWN, B. I. y BARKER, L. R. **The use of low resolution nuclear magnetic resonance for determining avocado maturity by oil content.** Journal of Food Technology. 18(4): 401-410. 1983.

BATES R. P. **The retardation of enzymatic browning in avocado puree and guacamole.** Proceedings of the Florida Sate Horticultural Society. 81: 230-235. 1968

BAUR, A.H.; YANG, S.F.; PRATT, H.K. y BIALE J.B. **Ethylene Biosynthesis in Fruit Tissues.** Plant Physiology. 47: 696-699. 1971.

BENNET A. B.; SMITH, G. M. y NICHOLS, B. G. **Regulation of climacteric respiration in ripening avocado fruit.** Plant Physiology. 83(4): 973-976. 1987.

BERGER, S.; LUZA, J. Z. y PERALTA, L. A. **Storage of Fuerte and Hass avocados.** American Society for Horticultural Science. 22: 30-39. 1982.

BERGH, B. **The avocado and Human Nutrition I. Some Human Health Aspects of the Avocado.** Proc. of Second World Avocado Congress. 37-47. 1992.

BERRIOS J. de J. **Development of dynamically modified atmosphere storage system applied to avocados.** Food Science and Technology International. 8(3): 155-162. 2002.

BERTLING, I. y BOWER, J. **Sugars as energy sources – is there a link to avocado fruit quality?.** South African Avocado Growers' Association Yearbook. 28: 24-27. 2005.

BIALE, J. B.; YOUNG, R. y OLMSTEAD, A. **Fruit Respiration and Ethylene Production.** Plant Physiol. 1953; 28: 70-76.

- BIZIMANA, V. **Extraction characterization , and prediction of the oxidative estability of avocado oil.** Dissertation Abstracts International,-B. 58(5): 2195. 1997.
- BIZIMANA, V.; BREENE, W. M. y CSALLANY, A. S. **Avocado oil extraction with appropriate technology for developing.** Journal of the American Oil Chemists' Society. 70(8): 821-822. 1993.
- BLUMENFELD, A; OFFER, R; ELIMELECH, M.; DEGANI, C.y EL BAZRI R. **Avocado Fruit Maturation and Criteria for Harvest.** Proc. of. Second World. Avocado Congress. 489. 1992.
- BOWER, J. P. y LELYVELD L. J. van **The effect of stress history and container ventilation on avocado fruit polyphenol oxidase activity.** Journal of Horticultural Science. 60(4): 545-547. 1985.
- BURDON J.; LALLU N.; YERASLEY, C.; BURMEISTER, D. y BILLING, D. **The kinetics of acetaldheyde and ethanol accumulation in Hass avocado fruit.** Postharvest Biology and Technology. 43(2): 207-214. 2007.
- CAJUSTE, J.; LÓPEZ L.; ZAMORA M.; REYES M. y SANTACRUZ H. **Efecto del estado de madurez a la cosecha y ubicacion de huertos en la calidad de consumo de frutos de aguacate cv. Hass.** Revista Chapingo Serie Horticultura. 5: 359-364. 1998.
- CARVALLO, P. M. S. y SCHAFFELD, G. G. **Formulation of an avocado paste product.** Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 8(4): 9-14. 1983.
- CASTALDO, A., CASCONI, A. POIANA, M. GUIFFRE, F. y MINCIONE, B. **Avocado oil. Extraction using enzymatic compounds in industrial plants and analytical characteristics of the oil.** Rivista-Italiana-delle-Sostanze-Grasse. 74(3): 113-116. 1997.
- CLARK, C.J., McGLONE, V. A., RERQUEJO, C., WHITE, A. y WOOLF, A. B. **Dry matter determination in Hass avocado by NIR spectroscopy.** Postharvest Biology and Technology. 29(3): 301-308. 2003.
- CORDERO, M. I., IBIETA, G. A., PENNACHIOTTI, M. I., PARRAGUIRRE, A. V. y SHMIDT, H. **Study of different plastic films for packaging Chilean palta.** Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 12(3): 444-449. 1972.

COX, K. A, McGHIE, T. K., WHITE, A. and WOOLF, A.B. **Skin colour and pigment changes during ripening of Hass avocado fruit.** Postharvest Biology and Technology. 31(3): 287-294. 2004.

CROSS, J.; GABAI, M. y LIFSHITZ, A. **The carotenoids of the avocados pear, Persea Americana, Nabal variety.** Journal of Food Science. 37(4): 589-591. 1972.

CROSS, J.; GABAI, M.; LIFSHITZ, A. y SKLARZ, B. **Carotenoids in pulp, peel and leaves of Persea Americana.** Phytochemistry. 12(9): 2259-2263. 1973.

CUTTING, J. G. M., BOWER, J. P., WOSTENHOLME, B. N., y HORMAN, P. J. **Changes in ABA, polyphenol oxidase, phenolic compounds and polyamines and their relationship with mesocarp discoloration in ripening avocado (Persea americana Mill.) fruit.** Journal of Horticultural Science. 65(4): 465-471 1990.

CUTTING, J. G. M. y WOLSTENHOME, B. N. **Maturity and water loss effects on avocado (Persea americana Mill) postharvest physiology in cool environments.** Journal of Horticultural Science. 67(4): 569-575. 1992.

CUTTING, J. G. M.; WOLSTENHOME. B. N. y HARDY, J. **Increasing relative maturity alters the base mineral composition and phenolic concentration of avocado fruit.** Journal of Horticultural Science. 67(6): 761-768. 1992.

CHAPLIN, G. R.; WILLS, R. B. H. y GRAHAM, D. **Objective measurement of chilling injury in the mesocarp of stores avocados.** HortScience. 17(2): 238-239. 1982.

D'AQUINO, S., PIGA, A., CONTINELL, G. y AGABBIO, M. **Effect of prestorage high temperature conditioning on fruit quality, respiration and ethylene production of Hass avocado fruit.** Advances in Horticultural Science. 10(3): 167-172. 1996.

DARVAS, J. M., KOTZE, J. M., y WEHNER, F. C. **Effect of treatment after picking on the incidence of post harvest fruit diseases of avocado.** Phytophylactica. 22(1): 93-96. 1990.

DEGANI, C., EL-BATSRI R., HAMO, M., SHAYA, F. y LAHAV, E. **Autopolinización y Polinización cruzada en el Aguacate** 2005.

- DEL CAÑIZO J.A. *et al.* **Guía Práctica de Plagas** Ediciones Mundi Prensa. 2ª. ed. España. 30. 1990
- DELGADO, A. C., y VALLE, P. **Evaluation of gas exchange as a method of preservation of avocados (*Persea americana* Mill) cv. Hass.** Tecnología de Alimentos. 20(5): 5,7,9-11. 1985.
- DIAZ, D.H. **Capítulo 8. Maduración de Frutas en Fisiología de árboles frutales.** AGT Editor S. A. 1a. edición, México. pp. 231-262. 2002.
- DIXON, J.; SMITH, D. y ELMSLY, T. A., **Quality of avocado (*Persea americana* mill.) fruit after storage in modified atmosphere freshawaytm bags.** New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report.. 4:80 – 85. 2004.
- DORANTES, L. y ORTIZ, A. D. T. **Method of obtaining extra-virgin oil from avocado pulp and a residual paste that is low in calories, which causes less environmental pollution.** Patent. 2006.
- DRORI, N.; KRAMER, H.; ROLLINS, J.; DINOOR, A.; OKON, Y.; PINES, O. y PRUSKY, D. **External pH and nitrogen source affect secretion of pectate lyase by *Colletotrichum gloeosporioides*.** Applied and Environmental Microbiology. 69(6): 3258-3262. 2003.
- DURAND B. J.; OREAN L.; YANKO U.; ZAUBERMAN G., y FUCHS Y. **Effects of Waxing on Moisture Loss and Ripening of 'Fuerte' Avocado Fruit.** HortScience. 19(3): 421-422. 1984.
- EAKS, I.L., **Ripening, respiration and ethylene production of Hass Avocado fruits at 20° to 40°C.** Amer. Soc. Hort. Sci. 103(5): 576-578. 1978.
- EAKS, I.L. **Effect of calcium on ripening, respiratory rate, ethylene production and quality of avocado fruit.** Journal of the American Society for Horticultural Science.; 110(2): 145-148. 1985.
- EISENBERG, E.; FAO, E. y MONSELIS, J. J. **Preservation of avocado pears by gamma irradiation.** Israel Journa Technology. 7(5): 415-417. 1969.
- EKSTEEN G. J. y TRUTER A.B. **Effects of controlled and modified atmosphere storage on quality of eating ripe avocados.** South African Avocado Growers' Association Yearbook. 8:78-80. 1985.

- ELEZ, P.; SOLIVA, R. C. y GORINSTEIN, S. **Natural antioxidants preserve the lipid stability of minimally processed avocado puree.** Journal of Food Science. 70(5): S325-S329. 2005.
- ESPAÑA, F. **Efecto de la certificación fitosanitaria como requisito para la exportación Hass, caso específico: Huerta la Aurora.** Tesis Licenciatura, UNAM, México, 2007.
- FAUBION, D. F.; MITCHELL F. G.; MAYER G. y ARPAIA, M. L. **Response of 'Hass' Avocado to Postharvest Storage in Controlled Atmosphere Conditions.** Proceedings of Second World Avocado Congress. 467-472. 1992.
- FLISTANOV, U.; MIZRACH, A.; LIBERZON. A.; AKERMAN, M. y ZAUBERMAN, G. **Measurement of avocado softening at various temperatures using ultrasound.** Postharvest Biology and Technology. 20(3): 279-286. 2000.
- FLORISSEN, P.; EKMAN, J. S.; BLUMENTHAL, C.; McGLASSON, W. B. y CONROY, J. **The effects of short heat treatments on the induction of chilling injury in avocado fruit (*Persea Americana* Mill.).** Postharvest Biology and Technology. 8(2): 129-141. 1996.
- FREITAS, S. P.; LAGO, R. C. A.; JABLONKA, F. H. y HARTMAN, L. **Aqueous enzymic extraction of avocado oil from fresh pulp.** Rivista Italiana delle Sostanze Grasse. 75(1): 15-19. 1998.
- FUCHS, Y. y ZAUBERMAN, G. **Effect of postharvest treatments and storage conditions on avocado fruit ripening and quality.** Proceedings of the World Avocado Congress III. 323 - 330. 1995.
- FUCIKOVSKY, L. y LUNA, I. **Avocado fruit diseases and their control in Mexico.** South African Avocado Growers' Association Yearbook. 10:119-121. 1987.
- GAETE, L.; VARGAS, Y.; LEON, C. y PETTORINO, A. **A novel noninvasive ultrasonic method to assess avocado ripening.** Journal of food Science. 70(3): E187-E191. 2005.
- GALÁN, S. **2. El Aguacate (*Persea americana* Mill) en Los frutales tropicales en los Subtrópicos: aguacate, mango, litchi y longan.** Mundi Prensa. 1ª. Edición, España, pp. 47-58. 1990.

GARCÍA, J. **Avocado (*Persea americana* mill.) Field diseases in the motril area (Granada, Spain) and their control using a *Trichoderma* spp. Bioformula.** World Avocado Congress V. 302-303. 2003.

GARCÍA, L. **Efecto del aguacate sobre las lipoproteínas de alta densidad en ratas.** Tesis Licenciatura, UNAM, México, 2004.

GERDES, D. L. y PARRINO, V. **Modified atmosphere packaging (MAP) of Fuerte avocado halves** 1995.

GIUFFRÉ, A. M. **Changes in the n-alkane composition of avocado pulp oil (*Persea Americana* Miller) during fruit ripening.** Grasas y Aceites. 2005; 56(1): 75-78.

GOLAN, A; SADOVSKI; A. Y. y KAHN, V. **Evaluation of browning potential on avocado mesocarp.** Journal of Food Science. 42(3): 853-855. 1977.

GÓMEZ, V.M. **Inhibition of surface browning, cut avocado.** Journal of Food Quality. 25(4): 369-379. 2002.

GONZÁLES, D. M. **Efecto factores combinados sobre la estabilidad química del aguacate (*Persea americana* Miller).** Tesis Licenciatura, UNAM, México, 2001.

GOUBLE, B.; FATH, D. y SOUDAIN, P. **Nitrous oxide inhibition of ethylene production in ripening and senescing climateric fruits.** Postharvest Biology and Technology. 5(4): 311-321 1995.

GRAJALES, A.; GARCÍA, H. S.; ANGULO, O. y MONROY, J. A. **Stability and sensory quality of spray dried avocado paste.** Drying Technology. 17(1/2):317-316. 1999.

GUZMAN, G. R.; DORANTES. A. L., HERNANDEZ, U. H., ORTIZ, A.; HERNANDEZ, S. H. y MORA, E. R. **Effect of zinc and copper chloride on the color of avocado puree heated with microwaves.** Innovative Food Science and Emerging Technologies. 3(1): 47-53. 2002.

HATTON T. T. y REEDER W.F. **Quality of 'Lula' Avocados Stored in Controlled Atmospheres with or without Ethylene.** Amer. Soc. Hort. Sci. 97(1): 339-341. 1972.

HERSKOWITZ, V.; SAGUY, S. I. y PESIS, E. **Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars.** Postharvest Biology and Technology. 37(3): 252-264 2005.

HOFMAN, P. J. y JOBIN, M. **Effect of fruit sampling and handling procedures on the percentage dry matter, fruit mass, ripening and skin colour of Hass avocado.** Journal of Horticultural Science & Technology. 74(3): 277-282. 1999a.

HOFMAN, P. J. y JOBIN, D. **Percentage dry matter, fruit mass, ripening and skin colour of Hass avocado.** Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 74(3). 1999b.

HOFMAN, P. J.; JOBIN, M, y GILES, J. **Percentage of dry matter and oil content are not reliable indicators of fruit maturity or quality in late- harvest Hass avocado.** HortScience. 35(4): 694-695. 2000.

HOFMAN, P.J.; MCLAUCHLAN, R.L. y SMITH, L. G. **Sensitivity of Avocado Fruit to ethylene.** Proceedings of The World Avocado Congress III. 335 - 339. 1995.

HOFMAN, P. J.; STUBBINGS, B. A.; ADKINS, M. F., MEIBURG, G. F., y WOOLF, A. B. **Hot water treatments improve Hass avocado fruit quality after cold disinfestations.** Postharvest Biology and Technology. 24(2): 183-192. 2002.

HOFMAN, P. J.; STUBBINGS, B. A.; ADKINS, M. F.; CORCORAN, R. J.; WHITE, A. y WOOLF, A. B. **Low temperature conditioning before cold disinfestation improves Hass avocado quality.** Postharvest Biology and Technology. 28(1): 123-133. 2003.

HOPKIRK, G.; WHITE, A.; BEEVER, D. J. y FORBES, S. K. **Influence of postharvest temperatures and the rate of fruit ripening on internal postharvest rots and disorders of New Zeland Hass avocado fruit.** New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 22(4): 305-311. 1994.

IBAR, L. **El Aguacate en Cultivo del Aguacate - Chirimoyo – Mango – Papaya.** AEDOS. 3ª. Edición, España. pp. 9-80. 1986.

ILLEPERUMA, C. K. y NIKAPITIYA, C. **Modified atmosphere packaging if minimally processed avocado cv. Booth 7.** Journal of Horticultural Science & Technology. 81(4): 607-612. 2006.

- ITURRIAGA, M. H.; ARVIZU, S. M. y ESCATIN, E. F. **Behavior of *Listeria Monocytogenes* in avocado pulp and processed guacamole.** Journal of Food Protection. 65(11): 1745-1749. 2002.
- JACKSON, D.I. y LOONEY N. E. **El aguacate en Producción de frutas de climas templados y subtropicales.** Acribia S.A. 1ª. edición. España. pp. 287-300. 2003.
- JACOBS, C. J. **Problems of cold storage of avocados.** Citrus and SubTropical Fruit Journal. 485: 16-21. 1974.
- JIMENEZ, J.; OREA, J. M.; MONTERO, C.; GONZÁLEZ, A.; NAVAS, E., SLOWING, K.; GOMEZ, M. y MARTINIS, D de. **Resveratrol treatment controls microbial flora, prolongs shelf life, and preserves nutritional quality of fruit.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53(5): 1526-1530. 2005.
- JIMENEZ, M. E.; ZAMBRANO, M. L.; HERNANDEZ, H. y AGUILLAR, M. R. **Effects of microwave energy on enzymatic browning of avocado paste.** Información Tecnológica. 12(6): 47-50. 2001.
- JIWON- JEONG; HUBER, D. J. y SARGENT, S. A. **Delay of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments.** Postharvest Biology and Technology. 28(2): 247-257. 2003.
- JIWONG-JEONG y HUBER D. J. **Suppression of avocado (*Persea Americana* Mill) fruit softening and changes in cell wall matrix polysaccharides and enzymes activities: differential responses to 1-MCP and delayed ethylene application.** Journal of American Society for Horticultural Science. 129(5): 752-759. 2004.
- JIWONG-JEONG; HUBER, D. J. y SARGENT, S. A. **Influence of 1-methylcyclopropane (1-MCP) on ripening cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit.** Journal-of-the-American Society for Horticultural Science. 129(5): 752-759. 2004.
- JOHANSEN, R.; MOJICA, A. y ASCENSIÓN, G. **Introducción al conocimiento de los insectos tisanopteros mexicanos, en el aguacatero (*Persea americana* Miller).** Revista Chapingo Serie Horticultura. 5: 279-285. 1999.

JOHNSTON, J. W. y BANKS, N. H. **Selection of surface coating and optimization of its concentration for use on Hass avocado (*Persea americana* Mill.) fruit.** New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 26(2): 143-151. 1998.

JUSCAFRESA, B. **Capítulo 38. El Aguacate. Árboles frutales: Cultivo y Explotación Comercial.** AEDOS. 7ª edición. España. pp.337-342. 1978.

KANELLIS, A. K; SOLOMOS, T y MATTOO, A. **Hydrolytic enzyme activities and protein pattern of avocado fruit ripened in air and in low oxygen, with and without ethylene.** Plant Physiology. 90(1): 259-266. 1989.

KE, D., YAHIA, E., HESS, B.M., ZHOU, L., and KADER, A. A. **Regulation of fermentative metabolism in avocado fruit under oxygen and carbon dioxide stresses.** Journal of the American Society for Horticultural Science. 120(3): 481-490. 1995.

LANGE, D. L. and KADER, A. A. **Elevated carbon dioxide exposure alters intracellular pH and energy charge in avocado fruit tissue.** Journal of the American Society for Horticultural Science. 122(2): 253-257. 1997.

LEE, S. K., YOUNG, R. E. SCHIFFMAN, P. M. y COGGINS, C. W. **Maturity studies of avocado fruit vases on picking dates and dry weight.** Journal of the American Society for Horticultural Science. 108(3): 390-394. 1983.

LEE, S. K. y YOUNG, R. E. **Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to C₂H₄ treatment.** Journal of the American Society for Horticultural Science. 109(5): 689-692. 1984.

LEE, S. K.; YOUNG. T. E.; SHIFFMAN, P. M. y COGGINS C. W. **Maturity studies of avocado fruit base don picking dates and dry weight** 1988.

LIU, X.; SIEVERT, J.; ARPAIA, M. Y MADORE M. **Postulated Physiological Roles of the Seven-carbon Sugars, Mannoheptulose, and Perseitol in Avocado.** Journal of the American Society for Horticultural Science. 127(1): 108-114. 2002.

LÓPEZ, A.; PALOU, E.; BARBOSA, G. V.; WELTI, J. y SWANSON, B. G. **Polyphenoloxidase activity and color changes during storage of high hydrostatic pressure treated avocado puree.** Food-Research-International. 31(8): 549-556. 1998.

LÓPEZ, A.; BARRIENTOS, A. y BEN-YA'ACOV, A. **Variabilidad genética de los bancos de germoplasma de aguacate preservados en el estado de México.** Revista Chapingo Serie Horticultura. 5: 19-23. 1999.

LÓPEZ, L y CAJUSTE, J.F **Efecto del envase de carton corrugado y embalaje en la conservacion de la calidad de fruta de aguacate cv Hass.** Revista Chapingo Serie Horticultura. 1999; 5: 359-364.

LOPEZ, M. G., GUZMAN, G. R. y DORANTES, A. L. **Solid – phase microextraction and gas chromatography- mass.** Journal of Chromatography-A. 2004; 1036(1): 87-90.

LOZANO, Y. F., MAYER, C. D., BANNON, C. y GAYDOU, E. M. **Unsaponifiable matter, total sterol and tocopherol contents of avocado oil varieties.** Journal-of-the-American-Oil-Chemists'-Society. 1993; 70(6): 561-565.

LUNA, I y FUCIKOVSKY, L. **Soil-borne Avocado Diseases of Economic Importance in Mexico.** South African Avocado Growers' Association Yearbook. 10:110-111. 1987.

MARQUES, J. T., HORMAN, P. J., y WEARING, A. H. **Between – tree variation in fruit quality and fruit mineral concentration of Hass avocados.** Australian Journal of Experimental-Agriculture. 46(9): 1195-1201. 2006.

MARROQUIN, F.J. **Factores que favorecen la incidencia de roña (*sphaceloma perseae* jenk.) en el cultivo del aguacate (*Persea americana* mill.) 'Hass', en tres regiones agroclimáticas de Michoacán. México.** Revista Chapingo Serie Horticultura. 5: 309-312. 1999.

MARTINEZ, L.; CAMACHO, F.; RODRIGUEZ, S. y MORENO, M. V. **Extraction and characterization of avocado oil.** Grasas y Aceites. 56(1): 75-78. 1988.

MATSUSAKA, Y. KAWABATA, J. y KASAI, T. **Antioxidative constituents in avocado (*Persea americana* Mill.) seeds.** Journal of Japanese Society for Food Science and Technology. 50(11): 550-552. 2003.

MAZLIAK P. **Lipid composition of avocado.** Fruits. 26(9): 615-623. 1971.

MEIR, S. PHILOSOPH, S; ZAUBERMAN, G; FUCHS, Y. y AKERMAN, M. **Increases formation of fluorescent lipid peroxidation products in avocado peels precedes other signs of ripening.** Journal-of-the-American Society for Horticultural-Science. 116(5): 823-826. 1991.

MEIR, S.; PGILOSOPH-HADAS, S.; LURIE, S.; DROBY, S.; AKERMAN, M.; ZAUBERMAN, G.; SHAPIRO, B.; COHEN, E. y FUCHS, Y. **Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit and bell pepper by methyl jasmonate.** Canadian Journal of Botany.74(6): 870-874. 1996.

MENGE J.A. y PLOETZ R.C. **Diseases of Avocado en Diseases of Tropical Fruit Crops.** CABI Publishing. 1a. edición, USA. pp.35-49. 2003.

MIZRACH, A. y FLISTANOV, U. **Nondestructive ultrasonic determinations of avocado softening process.** Journal of Food Engineering. 40(3): 139-144. 1999.

MIZRACH, A.; FLISTANOV, U.; AKERMAN, M. y ZAUBERMAN, G. **Monitoring avocado softening in low – temperature storage using ultrasonic measurements.** Computers and Electronics in Agriculture. 26(2): 1999-2007. 2000.

MONTOYA, M. M.; PLAZA, J, L. de la y LÓPEZ, RODRÍGUEZ, V. **Relation ship between changes in electrical conductivity and ethylene production in avocado fruits.** Lebensmittel Wissenschaft und Tachnologie. 27(5): 482-486. 1994.

MOORE, R. E. **Avocado de- skinning apparatus.** Patent. 2007.

MORALES, C. **Desarrollo exportador y competitividad: El caso del aguacate mexicano.** Tesis Doctorado, UNAM, México, 2006.

NAGI, S. y SHAW, P. E. **Avocado en Tropical and Subtropical Fruits.** Avi Publishing INC. USA. 1a. edición. 130-146. 1980.

NAVEH, E. WERMAN. M. J., SABO, E. y NEEMAN, I. **Defatted avocado pulp reduces body weight and total hepatic fat but increases plasma cholesterol in male rats fed diets with cholesterol.** Journal of Nutrition. 132(7): 2015-2018. 2002.

NOLAN, A. L. **New ideas for avocados.** Food Engineering. 55(1): 62. 1983.

OCHSE, J.J. y SOULE. **Capítulo. Aguacate en Cultivo y Mejoramiento de Planta Tropicales y Subtropicales.** Limusa - Wiley. 1ª. Edición, México. 683-705. 1972.

OE-KIUNG-KIM, MURAKAMI, A. NAKAMURA, Y., TAKEDA, N., YOSHIZUMI, H. y OHIGASHI, H. **Novel nitric oxide and superoxide generation inhibitors, persenone A and B, from avocado fruit.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48(5): 1557-1563. 2000.

OLAETA, J. A. y UNDURRAGA, P. **Estimation of the ripening index in avocado (*Persea americana* Mill).** ASAE Publication. 1-95, 421-426. 1995.

ORNELAS, P. J de y YAHIA, E. M. **Effects of pre storage dry and humid hot air treatments on the quality, triglycerides and tocopherol contents in Hass avocado fruit.** Journal of food quality. 27(2): 115-126. 2004.

ORTEGA M. A. **Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass.** Proceedings of the World Avocado Congress V. 741-748. 2003.

ORTIZ A., DORANTES , L. GALINDEZ, J. y GUZMAN, R. I. **Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) oil.** Journal of Agriculture and Food Chemistry. 51(8): 2216-2221. 2003.

ORTIZ, M. A., DORANTES, A. L., JUVENCIO M. y CARDENAS, S. E. **Effect of a novel extraction method on avocado (*Persea americana* Mill.) pulp microstructure.** Plant Foods for Human Nutrition. 59(1): 11-14. 2004.

OUDIT, D. D., y SCOTT, K. J. **Storage of Hass avocados in polyethylene bags.** Tropical Agriculture. 50(3): 241-243. 1973.

- OZDEMIR, F. y TOPUZ, A. **Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post- harvesting ripening period.** Food Chemistry. 86(1): 79-83. 2004.
- PACETTI, D., BOSELLI, E., LUCCI, P. y FREGA, N. G. **Simoultaneous analysis of glycolipids and phospholipids molecular species in avocado (*Persea americana* Mill) fruit.** Postharvest Biology and Technology. 18(5): 178-183. 2007.
- PALOU, E. HERNANDEZ, C., LÓPEZ, A. BARBOSA, G. V., SWANSON, B. G. y WELTI, J. **High pressure – processed guacamole.** Innovative Food Science and Emerging Technologies. 1(1): 69-75 ; 21 2000.
- PAQUOT, C. 1971 **Unsaponifiables of avocado oil.** Fruits. 26(2): 129-132. 1971.
- PÉREZ, K., MERCADO, J. y SOTO, H. **Effect of storage temperature on the shelf life of Hass avocado (*Persea americana*).** Food Science and Technology International. 10(2): 73-77. 2004.
- PESIS, E.; ACKERMAN, M.; BEM-ARIE, R.; FEYGENBERG, O.; XUQUIAO-FENG; APELBAUM, A; GOREN, R. y PRUSKY, D. **Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage.** Postharvest-Biology-and-Technology. 24(2): 171-181. 2002.
- PESIS, E., FAIMAN, D. y DORI, S. **Post – harvest effects of acetaldehyde vapour on ripening – related enzyme activity in avocado fruit.** Postharvest Biology and Technology. 13(3): 245-253. 1998.
- PESIS, E., FUCHS, Y. y ZAUBERMAN, G. **Cellulase activity and fruit softening in avocado.** Plant Physiology. 61(3): 416-419. 1978.
- PESIS, E., FUCHS, Y. y ZAUBERMAN, G. **Starch content and amylase activity in avocado fruit pulp.** Journal of the American Society for Horticultural Science. 1978; 103(5): 673-676.
- PESIS, E.; MARINASKY, R.; ZAUBERMAN, G. y FUCHS, Y. **Reduction of chilling injury symptoms of stored avocado fruit by prestorage.** Acta Horticulturae. (343): 251-255. 1993.

- PIETERSE, Z., JERLING, J. OOSTHUIZEN, W. **Substitution of high monounsaturated fatty acid avocado for mixed dietary fats during an energy-restricted diet: effects on weight loss, serum lipids, fibrinogen, and vascular function.** Nutrition. 21(1): 67-75 ; 38. 2005.
- PINO, J. A. **Volatile constituents of tropical fruits. V. Avocado and cucumber.** Alimentaria. (286): 51-54. 1997.
- PINO, J. A., MARBOT, R., ROSADO, A., y FUENTES, V. **Volatile components of Avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Moro grown in Cuba.** Journal of Essential Oil Research. 16(2): 139-140. 2004.
- PINO, J. A., ROSADO, A., y AGÜERO, J. **Volatile components of Avocado (*Persea americana* Mill.) fruits.** 2000.
- PRABHA, T.N., RAVINDRANATH B. and PATWARDHAN, M.V. **Anthocyanins of avocado (*Persea Americana*) peel.** Journal of Food Science and Technology India. 17(5): 215-217. 1980.
- PRESSEY, R. **Enzymes involves in fruit softening.** ACS Symposium Series. 47: 172-191. 1977.
- PRUSKY, D. KEEN, M. T., SIMD, J. J. y MIDLAND, S, L. **Possible involvement of an antifungal diene un the latency of Colletotrichum gloesporioides on unripe avocado fruits.** Phytipathology. 1982; 72(12): 1578-1582.
- PRUSKY, D. OHR, H. D., GRECH, N., CAMPBELL, S., y KOBILER, I. **Evaluation of antioxidant butylated hydroxyanisole and fungicide prochloraz for control of post- harvest anthracnose of avocado fruit during storage.** Plant disease. 1995; 79(8): 791-800.
- RAZETO, B. y PALACIOS, J. **Effects of iron chlorosis of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit size and oil concentration.** Agricultura Técnica. 2005; 65(1): 105-111.
- RENSBURG E. van y ENGELBRECHT, A. H. P. **Effect of calcium salts on susceptibility to browning of avocado fruit.** Journal of Food Science. 1985; 51(4): 1067-1068.
- RENTERÍA, E. **Alternativas para la conservación e industrialización integral del aguacate.** Tesis Licenciatura, UNAM, México, 1986.

REQUEJO, C.; LUND, C.; WHITE, A.; WONG, M.; MCGHIE, T.; EYRES, L.; BOYD, L.; y WOOLF, A. **Aceite de aguacate por presión en frío – una novedad saludable.** Congreso Mundial del Aguacate V. 460-461. 2003.

REVATHY- BASKARAN; SUREKHA-PUYED; HABIBUNNISA **Effect of modified atmosphere packaging and waxing in the storage behavior of avocado fruits (*Persea Americana* Mill).** Journal of Food Science and Technology. 39(3): 284-287 2002.

RITENOUR, M. A., MANGRICH, M. E. BEAULIEU, J. C. RAB, A. y SALTVEIT, M. E. **Ethanol effects on the ripening of climateric fruit.** Postharvest Biology and Technology. 12(1): 35-42. 1997.

RODRÍGUEZ, F. **Capítulo 4. Propagación y Plantación en El Aguacate** Ed. AGT México. México. 62-82. 1982.
Ibid. **Capítulo 7. Control de malezas, plagas y enfermedades.** 129-137.
Ibid. **Capítulo 8. Cosecha, comercialización y costos.** 153-157.

ROOYEN, Z. van y BOWER, J. P. **The role of fruit mineral composition on fruit softness and mesocarp discoloration in Pinkerton avocado (*Persea americana* Mill.).** Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 80(6): 793-799 2005.

SADIR, R. **Avocado oil: extraction technology and industrialization of residues.** Rivista Italiana delle Sostanze Grasse. 49(2): 90-93. 1972.
SAKURAI, N. y NEVINS, D. J. **Relationship between fruit softening and wall polysaccharides in avocado (*Persea americana* Mill) mesocarp tissues.** Plant and Cell Physiology. 38(5): 603-610. 1997.

SALAZAR, S.; ZAMORA, L. y VEGA, R. **Actualización sobre la Industria del aguacate en México, Michoacán.** California Avocado Society 2004-05 Yearbook 87: 45-54.

SALVADOR, L. **Recubrimiento de quitosán en aguacate.** Tesis Licenciatura, UNAM, México, 2000

SANTOS, S. C. S., y CAL, J. **Caking of spray – dried avocado powder.** Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 20(5): 615-620. 1985.

SANXTER, S. S., NISHIJIMA, K. A. y CHAN, H. T. **Heat- treating Sharwill avocado for cold tolerance in quarantine cold treatments.** HortScience. 29(10): 1166-1168. 1994.

SHARON, O. y KAHN, V. **Browning potential, PPO, catalase and acid phosphatase activities during ripening of non –chilled and chilled avocado.** Journal of the Science of Food and Agriculture. 30(6): 634-638. 1979.

SHARON O, y KAHN, V. **Avocado mesocarp: browning potencial, carotenoid content, polyphenol oxidase, catalase and peroxidase activities: comparison between six avocado cultivars.** Journal of Food Science. 48(6). 1874-1875. 1983.

SIN'GUTE-SINYIDA, GRAMSHAW, J. W. **Volatiles of avocado fruit.** Food Chemistry. 1998; 62(4): 483-487.

SITRIT, Y. RIOV, J. y BLUMENFELD A. **Regulation of ethylene biosynthesis in avocado fruit during ripening.** Plant Physiology. 1986; 81(1): 130-135.

SMILLIE, R. M. **Calvin cycle activity in fruit and effect of heat stress.** Scientia-Horticulturae. 51(1/2): 83-95. 1992.

SOARES, S. E. y MANCINI-FILHO, J. **Oxalic acid in carification of avocado oil.** Boletim da Sociedades Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos. 26(2): 97-103. 1992.

SOLIVA, R. C., ELEZ, P., SEBASTIAN, M. y MARTIN, O. **Effect of combined methods of preservation on the naturally occurring microflora of avocado puree.** Food Control. 15(1): 11-17. 2004.

SWANSON, B. G. y BERRIOS, J. de J. **Dynamic control of modified atmosphere packaging.** Conference-Proceedings. IFT Annual Meeting. 1995.

SWISHER, H. E. **Method for removing skins from avocados.** United States Patent. 1986.

THORP, T. G., HUTCHING, D., LOWE, T. y MARSH, K, B. **Survey of fruit mineral concentrations and postharvest quality of New Zealand –grown Gass avocado (*Persea Americana Mill*).** New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 25(3). 251-260. 1997.

TURATTI, J. M. y CANTO, W. L. do **Unsaponificables in avocado oil.** Boletim do Instituto doe Tecnologia de Alimentos,-Brazil. 22(3): 311-329. 1985.

TURATTI, J. M., SANTOS, L. C. dos, TANGO J. S. y ARIMA, H. K. **Characterization of avocado oils extracted by various methods.** Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos,-Brazil. 22(2): 267-284. 1985.

VALLE, S., SAUCEDO, C., PEÑA, C. B., CORRALES, J. J. E., CHAVEZ S. H., y ESPINOSA, T. **Skin permeance and internal gas composition in "Hass" avocado (*Persea Americana* Mill) fruits.** Food-Science-and-Technology-International. 8(6): 365-373 2002.

VALLE, S., SAUCEDO, C., PEÑA, C. B., CORRALES, J. J. E., y CHAVEZ S. H., **Aerobic – anaerobic metabolic transition in "Hass" avocado fruits.** Food Science and Technology International. 10(6): 391-398 2004.

VEKIARI, S. A., PAPADOPOULOS, P. P., LIONAKIS, S., y KRISTALLIS, A. **Variation in the composition of Cretan avocado cultivars during ripening.** Journal of the Science-of-Food and Agriculture. 84(5): 485-492. 2004.

WEEMAES, C. A.; LUDI KHUYZE, L. R y BROECK, I van den, HENDRICKX, M. E. **Effect of pH on pressure and thermal inactivation of avocado polyphenol oxidase: a kinetic study.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46(7): 2785-2792. 1998b.

WEEMAES, C. A.; LUDI KHUYZE, L. R.; BROECK, I van den y HENDRICKX, M. E. **High pressure inactivation of polyphenoloxidases.** Journal of Food Science. 63(5): 873-877. 1998a.

WEEMAES, C. A.; LUDI KHUYZE, L. R.; BROECK, I van den, HENDRICKX, M. E. y TOBBACK, P.P. **Activity elctrophoretic characteristics and heat inactivation of polyphenoloxidases from apples, avocados, grapes, pears and plums.** Journal of Food Science. 66(3): 54-59. 1998c.

WEI, L.; HE, G. X. y LIAO, X. H. **Study on extracting avocado oil by centrifugation.** Food and Machinery. Food and Machinery. (6): 21-23. 1998.

WERMAN, M. J. y NEEMAN, I. **Effectiveness of avocado antioxidants in refined, bleached avocado oil.** Journal of the American Oil Chemists' Society. 63(3): 352-355. 1986.

- WERMAN, M. J. y NEEMAN, I. **Oxidative stability of avocado oil.** Journal of the American Oil Chemists' Society. 63(3): 355-360. 1986.
- WERMAN, M. J.; MOKADY, S.; NEEMAN, I.; AUSLAENDER, L. y ZEIDER, A. **The effect of avocado oils on some liver characteristics in growing rats.** Food and Chemical Toxicology. 27(5): 279-282. 1989.
- WILLIAMS, L. O. **The botany of avocado and its relatives.** Proceedings of the First International Tropical Fruit Short Course: The Avocado. University of Florida, Gainesville, Florida. USA.9-15. 1976.
- WILLINGHAM, S. L.; PEGG, K. G.; COOKE, A. W.; CIATES, L. M.; LANGDON, P. W. y DEAN, J. R. **Rootstock influences postharvest anthracnose development in Hass avocado.** : Australian Journal of Agricultural Research. 52(10): 1017-1022. 2001.
- WILLS, R. H. H.; LEE, T. H. y McGLUSSON, W. B. **Fisiología y Bioquímica en Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post-recolección.** Editorial Acribia Zaragoza. España. 18-4. 1981.
- WILLS, R. H. H. y GIBBONS, S. L. **Use of very low ethylene levels to extend the postharvest life of Hass avocado fruit.** International Journal of Food Properties. 1(1): 71-76. 1998.
- WOOLF, A. B. **Reduction of chilling injury in stored Hass avocado fruit by 38° C water treatments.** HortScience. 32(7). 1247-1251. 1997.
- WOOLF, A. B.; BOWEN, J. H. y FERGUSON, I. B. **Preharvest exposure to the sun influences postharvest responses of Hass avocado fruit.** Postharvest Biology and Technology. 15(2): 143-153. 1999.
- WOOLF A. B., COX, K. A. y FERGUSON, I. B. **Low temperature conditioning treatments reduce external chilling injury of 'Hass' avocados.** Postharvest Biology and Technology. 28(1): 113-122 2003; 2002.
- WOOLF, A. B., WEXLER, A. PRUSKY, D. KOBLER, E. y LURIE, S. **Direct sunlight influences postharvest temperature responses and ripening of five avocado cultivars.** Journal of the American Society for Horticultural Science. 125(3):370. 2000.
- YAHIA, E.M. **Insecticidal atmospheres for tropical fruits.** Conference Proceedings. United States of America, American Society of

Agricultural Engineers (Fruit and Vegetable Symposium) 1995; 1-95, 282-286

YAHIA, E.M. y GONZÁLES, G. **Use of passive and semi-active atmospheres to prolong the postharvest life of avocado fruit.** Lebensmittel Wissenschaft und Technologie. 31(7/8): 602-606. 1998.

YAKOBY, N., KOBILER, I., DINOOR, A. y PRUSKY, D. **pH regulation of pectate lyase secretion modulates the attack of *Collectotrichum gloesporioides* on avocado fruits.** Applied-and-Environmental-Microbiology. 66(3): 1026-1030. 2000.

ZARAZÚA, J. A., MARTÍNEZ, D., COLINAS, L., BARRIENTOS, A. y AGUILAR, J. J. **Frigoconservación y atmósferas modificadas en frutos de aguacate mínimamente procesado.** Revista Chapingo Serie Horticultura. 11(1): 143-148. 2005.

ZAUBERMAN, G. y SCHIFFMANN-NADEL, M. **Pectinmethylesterase and polygalacturonase in avocado fruit at various of development.** Plant Physiology. 49(5): 864-865. 1972.

ZAUBERMAN, G., FUCHS, Y. y AKERMAN, M. **Peroxidase activity in avocado fruit stores at chilling temperatures.** Scientia Horticulturae. 26(3): 261-265. 1985.

Bibliografía electrónica.

AGUILAR, J.J.; LÓPEZ, A., CORTÉS, J. I.; SAMANO, A., MARTÍNEA, A. **Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en el crecimiento, producción y estado nutrimental del aguacate.** 1997. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1997/eda3_97.pdf. Visitada el 08 de Mayo de 2008

ARPAIA, M. L.; SIEVERT; JAMES R.; FJELD, K.; COLLIN, S. y TOYOTA, M. **Examining the interaction of ethylene and temperature on the postharvest quality of "Hass" Avocado.** 2006. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/arac/symposium_2006/arpaiamarylu2006f_pres.pdf. Visitada el 06 de Mayo de 2008

ARIAS, C. J. y TOLEDO, J. **Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos)** 2000. En línea, disponible en <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s01.htm>. Visitada el 08 de Mayo de 2008

AVILÁN L. **Cuándo cosechar el Aguacate** 1985. En línea, disponible en <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd19/texto/cuando.htm>. Visitada el 03 de Mayo de 2008

BORA, P.; NARAIN, N.; ROCHA, R. y QUIROZ PAULO, M. 2001 Aug 30. **Caracterización de los aceites de la pulpa y semillas de aguacate (cultivar: Fuerte)**. *Grasas y Aceites* [On line] 52(3-4): 171-174. En línea, disponible en <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/353/356>. Visitada el 06 de Mayo de 2008

BOWER, J. P. **Resolving long distance shipping disorders in 'Hass' avocados**. New Zealand and Australia Avocado Grower's Conference. 20-22 September 2005. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/journals/ausnz/ausnz_2005/presentations/session6_bower_2005.pdf. Visitada el 06 de Mayo de 2008

BARRIENTOS. A. y GARCÍA, E. **Anatomía del fruto de aguacate ¿drupa o baya?. 1996** En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/journals/chapingo/1996_ii_2_189.pdf. Visitada el 05 de Mayo de 2008.

BARRIENTOS, A. y LÓPEZ, L. **Historia y genética del aguacate.**1998 En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998/cictamex_1998_33-51.pdf. Visitada el 05 de Mayo de 2008.

BERGER, H. Nuevas opciones en el manejo de fruta después de la cosecha. En línea, disponible en http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/razet_ob01/c11.html Visitada el 02 de Mayo de 2008

BERTLING, I. y BOWER, J. **Avocado sugars during early fruit development**. South African Avocado Growers' Association 29, 2006. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/journals/saaga/saaga_2006/saaga_2006_v29_pgs_38-39_bertling.pdf. Visitada el 05 de Mayo de 2008

CERVANTES, M. **Las 100 preguntas para personas interesadas en iniciar la actividad de producción de aguacate** 2006; 1-27. En línea, disponible en <http://www.sdr.gob.mx/Contenido/Cadenas%20Productivas/DOCUMENTOS%20CADENAS%20AGROPECUARIAS/agricolas/aguacate/MANUAL%20DE%20LAS%20100%20PREGUNTAS%20DE%20AGUACATE.pdf> Visitada el 02 de Mayo de 2008

CRANE, J. y BALERDI, C. **El Aguacate en Florida**. En línea, disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/HS284>. Visitada el 08 de Mayo de 2008
DEVIA, J. E. y SALDARRIAGA, D. F. **Proceso para obtener un colorante a partir de la semilla de aguacate** 2005; 36-43. En línea, disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513704.pdf>. Visitada el 02 de Mayo de 2008

DORANTES, L; PARADA, L. y ORTIZ, A. **Chapter XXX Avocado: Post-Harvest Operation**. En línea, disponible en http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch30/ch30_02.htm#2_6. Visitada el 04 de Mayo de 2008

EVERETT, K. R. **Postharvest diseases of Avocados**. En línea, disponible en <http://www.hortnet.co.nz/publications/science/everavo1.htm>. Visitada el 03 de Mayo de 2008

HERTOG, L.A.T.M., NICHOLSON, S. E. KERRY, WHITMORE, K. **The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in 'Hass' avocado** 2002. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/journals/elsevier/phbiotech_2003_29_41-53_hertog.pdf. Visitada el 09 de Mayo de 2008

KAPLANER, U., HUGUET, C., GARRIDO, B., CIFUENTES, A. y DONDERO M. **Formulación de productos en base a paltas Fuerte y Hass**. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/papers/chile_papers_a-z/j-k/kaplanerursula1986.pdf. Visitada el 09 de Mayo de 2008

KADER, A. A. Y ARPAIA, M. L. **Aguacate: (Palta): Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha.** 1984. En línea, disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Aguacate.shtml>. Visitada el 04 de Mayo de 2008

KITINOJA, L. y KADER, A. A. **Manual de practicas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala. 1996** En línea, disponible en <http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s00.htm#Contents>. Visitada el 04 de Mayo de 2008

MORTON, J. **Avocado *Persea americana*.** 1987; 91-102. En línea, disponible en http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/avocado_ars.html#Pests%20and%20Diseases. Visitada el 07 de Mayo de 2008

OLAETA, J. A. **Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras.** 2004. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/wac5/papers/wac5_p749.pdf. Visitada el 1 de Mayo de 2008

OLAETA, J. **Industrialización de paltas.** 1990. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/journals/civdmchile_1990/civdmchile_1990_pg_18.pdf. Visitada el 05 de Mayo de 2008

OLAETA, J. A.; SCHWARTS, M.; UNDURRAGA, P. y CONTRERAS, S. **Utilización de la semilla de palta (*Persea americana* Mill.) Cv. Hass como producto agroindustrial.** 2007. En línea, disponible en <http://www.avocadosource.com/wac6/es/extenso/4b-198.pdf>

PEÑA, J. E. **Análisis de los problemas de las plagas del aguacate en Florida.** En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/wac5/abstracts/wac5_abstract_p324_s.pdf. Visitada el 05 de Mayo de 2008

REYES, J. C.; RUBÍ A. M. y AGUILAR, J. J. **Manejo orgánico en el cultivo de aguacate.** 1995. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1995/ecol_1_95.pdf. Visitada el 05 de Mayo de 2008

SAAVEDRA, S. **Evolución de parámetros fisicoquímicos y sensoriales en Paltas Cultivares Hass, Gwen y Whitsell.** 1995. En línea, disponible en http://www.avocadosource.com/papers/chile_papers_a-z/s-t-u/saavedrasandra1995.pdf. Visitada el 05 de Mayo de 2008

SALAZAR, S. **Diagnostico visual de trastornos nutrimentales.** En línea, disponible en [http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/6f212f947c521b0705256fa80051e5c2/\\$FILE/Diagn%C3%B3stico%20visual%20de%20trastornos%20nutrimentales%20del%20aguacate.pdf](http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/6f212f947c521b0705256fa80051e5c2/$FILE/Diagn%C3%B3stico%20visual%20de%20trastornos%20nutrimentales%20del%20aguacate.pdf). Visitada el 03 de Mayo de 2008

SALAZAR, S. **Manejo de la fertilización del aguacate.** En línea, disponible en [http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/e2970c70a1a2818405256fff0052993e/\\$FILE/Manejo%20de%20la%20fertilizaci%C3%B3n%20del%20aguacate%20\(Primera%20Parte\).pdf](http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/e2970c70a1a2818405256fff0052993e/$FILE/Manejo%20de%20la%20fertilizaci%C3%B3n%20del%20aguacate%20(Primera%20Parte).pdf). Visitada el 03 de Mayo de 2008

SALAZAR, C; ARREDONDO, O. y BERNAL, A.
<http://seder.col.gob.mx/Perfiles/Aguacate.pdf>

VELÁSQUEZ. I. **Guía Técnica: Manejo Poscosecha de Aguacate (*Persea americana* L.).** En línea, disponible en <http://dedicado.bitworks.com.sv/docs/centro/Gu%C3%ADa%20Poscosecha%20de%20Aguacate.pdf>. Visitada el 06 de Mayo de 2008

Agrolab Analítica: Análisis foliar. En línea, disponible en <http://www.agrolab.es/muestreoFOLIAR2004.pdf>. Visitada el 06 de Mayo de 2008

Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan Michoacán (APROAM): **Importancia histórica y socioeconómica del aguacate.** En línea, disponible en <http://www.aproam.com/CULTIVO/cultivo%20del%20aguacate.htm>. Visitada el 04 de Mayo de 2008

Avocadosource: La red mundial del Aguacate. En línea, disponible en <http://www.avocadosource.com>. Visitada el 05 de Mayo de 2008

Avoleo. En línea, disponible en <http://www.avoleo.com/proceso.htm>. Visitada el 01 de Mayo de 2008
CODEX STAN 197-1995 **Norma del Codex para el Aguacate**. En línea, disponible en www.economia.gob.mx/?P=522. Visitada el 08 de mayo de 2008

Infoagro. En línea, disponible en http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate.htm. Visitada el 01 de Mayo de 2008

K: Industrialización del aguacate. En línea, disponible en <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea60s/ch21.htm>. Visitada el 02 de Mayo de 2008

NOM-128-SCFI-1998 Información comercial-etiquetado de productos agrícola-aguacate. En línea, disponible en <http://www.economia-noms.gob.mx/>. Visitada el 06 de Mayo de 2008

NOM-069-FITO-1995 Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate. En línea, disponible en <http://www.economia-noms.gob.mx/>. Visitada el 06 de Mayo de 2008

NMX-FF-016-SCFI-2006 Productos alimenticios no industrializados para uso humano – fruta fresca – aguacate (*Persea americana* Mill) – especificaciones. En línea, disponible en <http://www.economia-noms.gob.mx/>. Visitada el 06 de Mayo de 2008

Plan Rector del aguacate. En línea, disponible en http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/aguacate/Descripcion.pdf. Visitada el 03 de Mayo de 2008

2000 Agro: Revista Industrial del campo. En línea, disponible en http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=47&id_art=2307&id_ejemplar=82. Visitada el 07 de Mayo de 2008

SENASICA. En línea, disponible en <http://148.243.71.63/default.asp?id=675>. Visitada el 07 de Mayo de 2008

Vía Rural. En línea, disponible en <http://www.viarural.com.ar/>. Visitada el 03 de Mayo de 2008

Chileacambiode. En línea, disponible en <http://chile.acambiode.com/>. Visitada el 09 de Mayo de 2008

