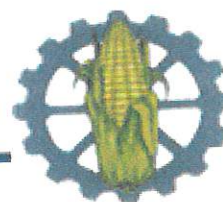




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“FISIOLOGÍA DEL DESARROLLO, PLAGAS DE
CAMPO Y PATOLOGÍA POSTCOSECHA DE FRUTOS
DE CHINENE (*Persea schiedeana* Nees)”**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
CIENCIA Y TECNOLOGIA
AGROALIMENTARIA**

PRESENTA:

OSCAR ANDRÉS DEL ÁNGEL CORONEL

Chapingo, Estado de México, Julio de 2006

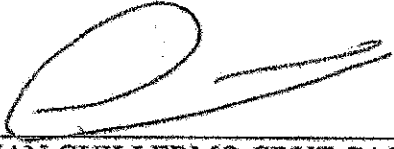


**"FISIOLOGÍA DEL DESARROLLO, PLAGAS DE CAMPO Y
PATOLOGÍA POSTCOSECHA DE FRUTOS DE CHINENE (*Persea
schiedeana* Nees)".**

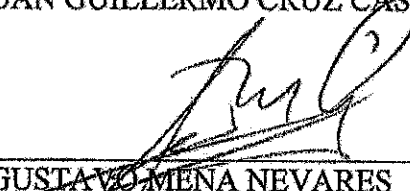
Tesis realizada por Oscar Andrés Del Angel Coronel bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN:
CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA**

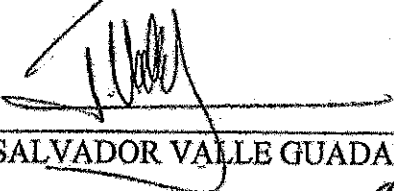
DIRECTOR:


DR. JUAN GUILLERMO CRUZ CASTILLO

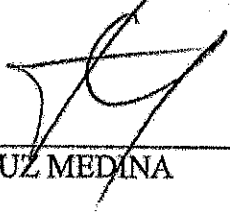
ASESOR:


M.C. GUSTAVO MENA NEVARES

ASESOR:


DR. SALVADOR VALLE GUADARRAMA

ASESOR:


M.C. JAVIER DE LA CRUZ MEDINA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
COORDINACIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO
REGISTRO DEL COMITÉ ASESOR DE GRADO
FORMA RE-CAG

U.A.C.H. DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
 OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
 25 JUL 2006
 DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
RECIBIDO

Mediante este formato se registra el Comité Asesor de un estudiante de Posgrado en la Oficina de Registros Escolares. El estudiante y los profesores aceptan conocer y satisfacer los requisitos y obligaciones para los integrantes de un Comité Asesor, lo que implica también, aceptar su integración en el Jurado del examen de grado correspondiente cuando el caso se presente.

Primera instalación del Comité Asesor _____

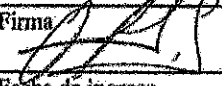
Modificación del Comité Asesor * X

(1) Estudiante de:

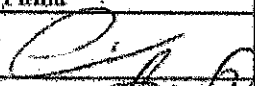
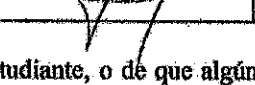
☒ Maestría en Ciencias

☐ Doctorado en Ciencias

☐ Doctorado

Nombre OSCAR ANDRES DEL ANGEL CORONEL	Firma 
Programa CIENCIA Y TECNOLOGIA AGROALIMENTARIA	Fecha de ingreso AGOSTO DEL 2003

(2) Comité Asesor, aceptando su inclusión

	Nombre	No. Cédula Prof.	Firma	Programa
Director	DR. J. GUILLERMO CRUZ CASTILLO	EXTRANJERO		CIEN.TEC. AGROALIM.
Asesor	M.C. GUSTAVO MENA NEVARES	4489374		CIENC.TEC. AGROALIM.
Asesor	DR. SALVADOR VALLE GUADARRAMA	1560162		CIENC.TEC. AGROALIM.
Asesor	M.C. JAVIER DE LA CRUZ MEDINA	421781		TEC.DE VERACRUZ

En caso de que el Presidente no pertenezca al mismo Programa que el estudiante, o de que algún miembro (hasta dos) no sean profesores del posgrado de la Universidad, se debe contar con un acuerdo avalatorio del Comité del Programa correspondiente. Si este es el caso, Número de oficio y fecha de ese acuerdo: _____

*El Coordinador Departamental anexará la justificación del cambio de algún miembro del Comité. Sanción favorable del Comité Asesor por el Coordinador del Programa:

(3) Coordinador

Nombre M.C. DAVID RUBIO HERNANDEZ	Firma 
--------------------------------------	--

Chapingo, Méx. a 13 de JUNIO de 2006

INSTRUCCIONES:

- A. Los números en paréntesis señalan la secuencia de requisitación.
- B. Respecto a un Comité Asesor, el estudiante es responsable de identificar al profesor que fungirá como Presidente, y en acuerdo con él de identificar también a los Asesores.
- C. Esta forma, en sus seis tantos, debe ser entregada a la Oficina de Registros Escolares, donde se retendrá el original y se sellarán los tantos restantes que el estudiante debe entregar a: 1) Coordinación del Programa, 2) Coordinación General de Estudios de Posgrado, 3) Integrantes del Comité Asesor, 4) al propio estudiante, en cuyo tanto podrá recabar firmas de recibido.
- D. En caso de modificar la integración del Comité Asesor, debe usarse otro ejemplar de esta misma forma y requisitarse de igual manera, indicando que es una modificación de la integración del Comité Asesor.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
COORDINACIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO
REGISTRO DE APROBACIÓN DE TESIS DE GRADO
FORMA RE-ATG

U.A.C.H. DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
 OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
 25 JUL 2006
 DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
RECIBIDO

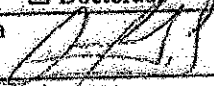
Mediante este formato se registra la aprobación de tesis de grado, por los integrantes del Comité Asesor y se solicita la autorización del examen correspondiente.
 El estudiante y los miembros del Comité Asesor aceptan conocer los requisitos para la aprobación de la tesis (contenido y forma) y que el documento satisface tales requisitos.
 Los integrantes del Comité Asesor aceptan también estar dispuestos a participar en el examen de grado teniendo como antecedente su inclusión en el Comité Asesor.

(1) Estudiante, solicitando examen de:

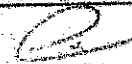
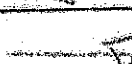
☒ Maestría en Ciencias

☐ Doctorado en Ciencias

☐ Doctorado

Nombre OSCAR ANDRES DEL ANGEL CORONEL	Firma 
Programa CIENCIA Y TECNOLOGIA AGROALIMENTARIA	Fecha de ingreso AGOSTO DE 2003
Título de la Tesis <i>Fisiología del Desarrollo, plagas de campo y Patología Postcosecha de frutos de chinene (Persea schiedeana Nees)</i>	

(2) Comité Asesor, aprobando la tesis de Grado

	Nombre	Firma	Programa
Presidente	DR. J. GUILLERMO CRUZ CASTILLO		CIENC. Y TEC. AGROALIMENTARIA
Asesor	M.C. GUSTAVO MENA NEVARES		CIENC. Y TEC. AGROALIMENTARIA
Asesor	DR. SALVADOR VALLE GUADARRAMA		CIENC. Y TEC. AGROALIMENTARIA
Asesor	M.C. JAVIER DE LA CRUZ MEDINA		INST. TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

(3) Presidente del Comité Asesor, aceptando el artículo científico derivado de la tesis

Nombre Dr. JUAN GUILLERMO CRUZ CASTILLO	Firma 
Calificación de investigación 98 (Noventa y ocho)	

(4) Sanción favorable de la revisión de la tesis y del artículo, por el Coordinador del Programa

Nombre M.C. David Rubio Hernández	Firma 
Fecha: 21/07/06	Lugar Chapingo, Méx. , Hora 12:00 A.M.

(5) Una vez cubiertos los requisitos anteriores, el estudiante debe entregar esta forma con siete copias y un ejemplar de la tesis a la Coordinación General de Estudios de Posgrado (CGEP), la que se sellará de recibido, retendrá el último tanto y en un término de quince días hábiles emitirá su sanción.

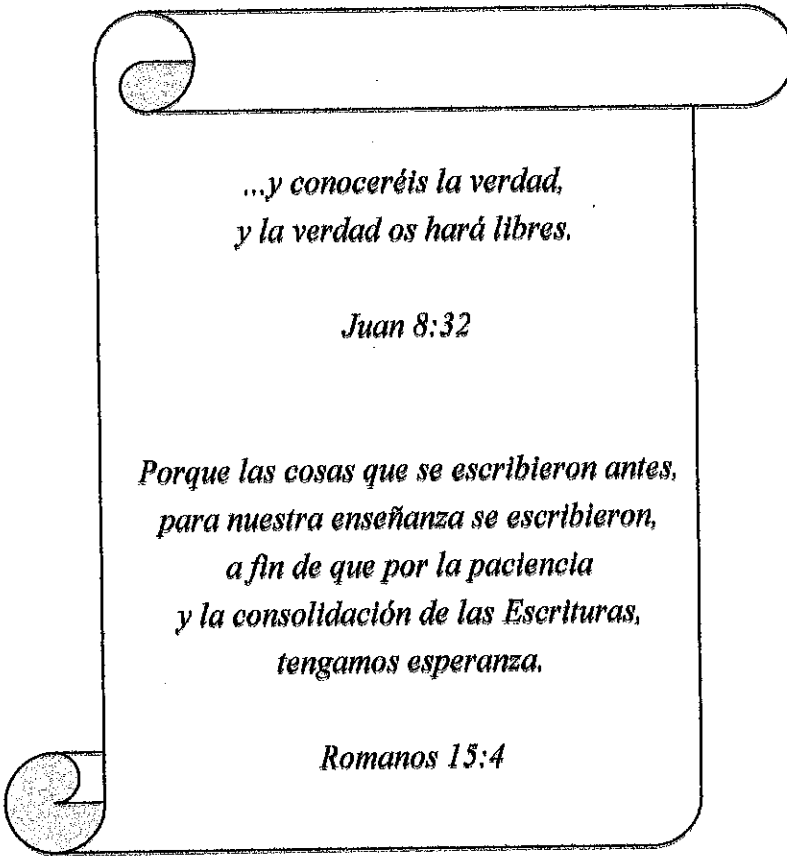
(6)

Fecha de recibido por la CGEP 19-06-2006	Sanción de la CGEP y fecha Aprobada
--	---

Chapingo, Méx. a 13 de Junio de 2006.

INSTRUCCIONES:

- Los números en paréntesis señalan la secuencia de requisitación.
- Esta forma totalmente requisitada deberá ser entregada a la Oficina de Registros Escolares, la que retendrá el original y sellará de recibido los tantos restantes, que el estudiante debe entregar a: 1) Coordinación del Programa, 2) Coordinación General de Estudios de Posgrado, 3) Integrantes del Comité Asesor, 4) al propio estudiante, en cuyo tanto podrá recabar firmas de recibido.
- La Oficina de Registros Escolares, si es procedente, emitirá en un plazo no mayor de tres días hábiles la correspondiente autorización del examen de grado (forma RE-EG).



*...y conoceréis la verdad,
y la verdad os hará libres.*

Juan 8:32

*Porque las cosas que se escribieron antes,
para nuestra enseñanza se escribieron,
a fin de que por la paciencia
y la consolidación de las Escrituras,
tengamos esperanza.*

Romanos 15:4

...he aprendido de la ciencia, el valor de la paciencia.

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios, porque es la fuente de toda mi vida, con el soy todo y sin el...soy nada.

A mi alma mater, la Universidad Autónoma Chapingo por todo lo que ella representa para mí y porque siempre la defenderé con el corazón en la mano.

Al postgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria por haberme aceptado como un hijo más y porque me siento muy orgulloso de ello.

A todo el personal del CRUO que me brindó toda su amistad y apoyo incondicional, los llevo en mi mente y mi corazón siempre.

Al Instituto Tecnológico de Veracruz por todas las facilidades brindadas.

En especial agradecimiento y aprecio al M.C. David Rubio por su amistad y porque siempre confió en mí, cuando todo mi mundo marchaba en contra.

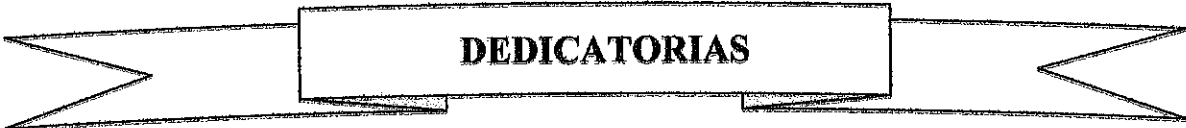
Al Dr. Juan Guillermo Cruz Castillo porque su amistad, apoyo, confianza, comprensión y consejo siempre guiaron mi camino durante estos momentos.

Al M.C. Gustavo Mena Nevares por su amistad y confianza, pero más que nada por toda esa fuerza de voluntad y determinación que siempre me inspiró para salir adelante.

Al Dr. Salvador Valle Guadarrama por su valiosa amistad, apoyo y por que representa para mí un gran ejemplo de persona a seguir.

Al. M.C. Javier De La Cruz Medina, principalmente por su amistad, por sus muy acertados consejos y por todas las facilidades brindadas para desarrollar esta tesis.

A todos mis amigos del Tecnológico de Veracruz: Memo, Fabián, Darney, Lizzet, Adrián, Xochitl, y Belinda, por esos grandes momentos que alegraron mis días.



DEDICATORIAS

A mis padres Crispín Del Ángel Del Ángel y Enriqueta Coronel Coronel, por ser mi gran fortaleza, mi razón de ser y porque siempre me he sentido muy orgulloso de tenerlos como padres.

A mi hermano Tony, porque cuando yo estuve solo siempre te necesite y ahora que tú me necesitas siempre voy a estar ahí para ti.

A mi esposa, porque a ti te elegí de entre todas las mujeres para que seas mi compañera de viaje y en ti me fortaleceré, tú eres mi motivo, tú eres mi mundo, tú eres mi todo.

A mis mejores amigos y hermanos del alma, que incondicionalmente siempre estuvieron conmigo en las duras y en las maduras de este postgrado: Juan Reyes Hernández y Maricármén Thalia Recillas Mota.

A mis amigos y compañeros dentro y fuera del postgrado Carmina, Liliana, Fany, Medardo, Chucho y Enrique simplemente por el orgullo que siento al llamarlos como amigos.

DATOS BIOGRÀFICOS

Oscar Andrés Del Ángel Coronel nace el 27 de Julio de 1979 en Cd. Madero, Tamaulipas. El inicio de su formación académica fue en la ciudad de Minatitlan, Ver., para luego trasladarse a la ciudad de E. Zapata, Tab., y ahí concluir sus estudios primarios. La educación media y media superior la concluyó en el municipio de Candelaria, Campeche y continuó con su educación superior en la Universidad Autónoma Chapingo, de donde egresó en el año 2001 como Ing. Agrónomo Especialista en Fitotecnia y en el año 2006 como Maestro en Ciencias en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria Especialista en Fisiología Postcosecha de Productos Hortofrutícolas.

Realizó sus estancias pre-profesionales en el Centro de Desarrollo Tecnológico Villadiego, de FIRA en Valle de Santiago, Gto., donde fungió como Ingeniero auxiliar de campo y de capacitación en Sistemas de Labranza de Conservación. Después se incorporó al campo laboral como Jefe de producción de campo en el cultivo de alcachofa en el Rancho Fracción VII, Tultengo, Hgo. Más recientemente colaboró como asesor externo en las campañas de la Junta Local de Sanidad Vegetal del municipio de Candelaria, Campeche, para la erradicación de la mosca de la fruta, mosca del mediterraneo, VTC, entre otros.

En el contexto científico sus primeras publicaciones aparecen en “XXI Simposio Latinoamericano de Cafeticultura” en Julio de 2005 con sede en San Salvador, en la Republica de El Salvador bajo los títulos “Crecimiento del alcatraz blanco con tonos verdosos (*zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) en zonas cafetaleras” y “El Chinene (*persea schiedeana* Nees), buscando su valoración en las regiones cafetaleras de Mesoamérica”. Ese mismo año participo también en la “XVIII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria” celebrada en noviembre de 2005 en la ciudad de Boca del Rio, Veracruz con la ponencia “El chinene (*Persea schiedeana* Nees), buscando su valoración frutícola en los trópicos”. Más recientemente presentó como autor principal: la ponencia “Cambios fisicoquímicos y fisiológicos durante la maduración en frutos de chinene (*Persea schiedeana* Nees)” en el “IX Congreso Nacional Agronómico” celebrado en Abril de 2006 en la Universidad Autónoma Chapingo; y en modalidad de póster presentó el trabajo titulado “Chinene (*Persea schiedeana* Nees): in search of its value as fruit”, en el Institute of Food Technologists Annual Meeting + Food Expo el 27 de Junio de 2006.



Imagina, cree y...crea.

"FISIOLOGÍA DEL DESARROLLO, PLAGAS DE CAMPO Y PATOLOGÍA POSTCOSECHA DE FRUTOS DE CHINENE (*Persea schiedeana* Nees)".

Del Ángel-Coronel, O.A.¹; J.G. Cruz-Castillo²

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar los frutos de chinene (*Persea schiedeana* Nees) procedentes del municipio de Huatusco, Veracruz en base a parámetros morfológicos cualitativos y cuantitativos, así como los principales cambios relacionados con el proceso de maduración y su comportamiento bajo frigoconservación. La descripción de la fase de desarrollo de fruto en árbol y la incidencia de enfermedades fungosas también fue realizada. Frutos de aguacate 'Hass' fueron considerados como testigo. Los resultados arrojaron que existen diferencias morfológicas entre frutos más que entre colores, predominando los tipos periformes y en forma de cuello de botella. El tipo de crecimiento de fruto en el árbol corresponde a un simple sigmoide. Por otra parte, el comportamiento postcosecha del chinene exhibió un patrón de maduración típico climatérico caracterizado por una alta velocidad de respiración, por lo que deben ser considerados como frutos altamente perecederos. Además, el chinene demostró mayores cualidades nutricionales en relación al aguacate 'Hass' para las variables % de aceites totales, % fibra cruda y % de ácidos grasos oleico y esteárico. La temperatura que mejor conservo los atributos de calidad de frutos fue la de 6°C por un periodo de 14 días. La presencia de antracnosis y pudrición del pedunculo fue registrada.

Palabras clave: Chinene, *Persea schiedeana*, Fisiología postcosecha, recursos fitogenéticos del aguacate.

¹ Autor de la tesis.

² Director de tesis.

"DEVELOPMENT PHYSIOLOGY, FIELD PESTS, AND POST HARVEST PATHOLOGY OF CHINENE FRUIT (*Persea schiedeana* Nees)".

Del Ángel-Coronel, O.A.¹; J.G. Cruz-Castillo²

ABSTRACT

The purpose of this work was to characterize chinene fruits (*Persea schiedeana* Nees) from Huatusco, Veracruz, México based in quantitative and qualitative morphological parameters. The principal changes in relation with the ripening of chinene fruit and its behavior during storage were also evaluated. The fruit development in the canopy tree and postharvest diseases was described. 'Hass' avocado was considered as control. The results carry out that exist morphological differences between fruits more than color fruits, periform and bottle neck form were predominant types. The growth fruit correspond to a simple sigmoid curve. In the other hand, the postharvest behavior of chinenes showed a climacteric pattern characterized by high respiration rate, therefore may be cataloged as very perishable commodities. In addition, the chinene was better than 'Hass' avocado in relation to nutritional value because variables total oils percent, crude fiber percent and oleic and estearic fatty acids percent were very much superiors. The quality attributes of fruit were conserved well to 6°C by 14 days. The anthracnose and stem-end rot were registered.

Index words: Chinene, *Persea schiedeana*, Postharvest physiology, avocado resources.

¹ Thesis author.

² Thesis director.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	5
CAPITULO I INTRODUCCIÓN GENERAL	6
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
2.1. Perspectiva histórica.....	10
2.2. Origen y distribución.....	18
2.3. Taxonomía y sinónimos	21
2.4. Aspectos botánicos.....	23
2.5. Reducción del número de árboles	28
2.6. Usos populares	29
2.7. Valor nutricional	30
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1. Experimento 1. Exploración frutícola	33
3.2. Experimento 2. Crecimiento del fruto	36
3.3. Experimento 3. Cambios fisicoquímicos y fisiológicos relacionados con el proceso de maduración	39
3.4. Experimento 4. Frigoconservación de frutos.....	47
3.5. Experimento 5. Análisis de la composición de ácidos grasos en pulpa del fruto	49
3.6. Experimento 6. Patógenos que afectan la vida postcosecha del chinene.....	53
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1. Experimento 1. Exploración frutícola del chinene	54
4.2. Experimento 2. Crecimiento de los frutos de chinene.....	61
4.2.1. Patrón de crecimiento de fruto.....	61
4.2.3. Determinación de unidades calor y establecimiento del índice de cosecha.....	65

4.2.4. El barrenador grande del hueso del aguacate: una plaga potencial que afecta el desarrollo y la producción de los frutos.....	69
4.3. Experimento 3. Cambios físicos, químicos y fisiológicos relacionados con el proceso de maduración	76
4.3.1. Velocidad de respiración y velocidad de producción de etileno.....	76
4.3.2. Pérdida de peso en fruto	78
4.3.3. Materia seca (% ms).....	80
4.3.4. Resistencia de la cáscara a la penetración (n).....	83
4.3.5. Cambios en el color interno y externo del fruto	86
4.3.6. Aceites totales (% act).....	92
4.3.7. Fibra cruda (% fc).....	95
4.4. Experimento 4. Frigoconservación de frutos de chinene	98
4.5. Experimento 5. Análisis de la composición de ácidos grasos en la pulpa del fruto.....	105
4.5.1. Evaluación de los ácidos grasos del chinene por análisis multivariado de la varianza.....	105
4.5.2. Evaluación de los ácidos grasos de chinene por análisis canónico discriminante	108
4.6. Experimento 6. Patógenos de importancia en postcosecha que afectan al chinene durante la vida de almacén.....	114
4.6.1. Antracnosis.....	115
4.6.2. Pudrición basal o del pedúnculo.....	117
4.6.3. Patógenos secundarios.....	118
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	122
LITERATURA CITADA	130

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Dimensiones y pesos de las diferentes partes de los cuatro tipos de frutos de chinene identificados por Itié en 1918.....	26
Cuadro 2. Promedios de las variables medidas en 180 frutos de chinene.....	55
Cuadro 3. Eigenvectores de los cuatro componentes principales (CP's). Los eigenvalores y el por ciento de la variación explicada también es mostrado.	56
Cuadro 4. Diferencias de color externo e interno entre frutos de chinenes y aguacate 'Hass'.	89
Cuadro 5. Por ciento de fibra cruda en chinenes y aguacate 'Hass' durante el periodo de maduración.	96
Cuadro 6. Prueba de criterio y aproximación de F del análisis de varianza multivariado para el efecto del día de lectura de muestra, temperatura, periodo de almacenamiento y la interacción entre factores sobre el contenido de ácidos grasos.....	105
Cuadro 7. Promedios de la concentración de ácidos grasos entre periodos de almacenamiento evaluados en chinene y aguacate Hass.....	106
Cuadro 8. Coeficientes canónicos entre las dos principales funciones canónicas discriminantes (FCD's) y las variables respuesta aplicadas a los grupos de individuos.	109
Cuadro 9. Valores medios de las dos funciones canónicas (FCD) para los 11 grupos de tratamientos evaluados.	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de los dos componentes principales que aportaron la mayor variabilidad en el conjunto de datos. El color de los frutos también es presentado donde: 1 = Café; 2 = Negro; 3 = Verde.	58
Figura 2. Curvas de crecimiento de los frutos de chinene. A) Crecimiento acumulativo semanal de fruto; B) Velocidad de crecimiento diario de fruto (V.C.F.) en mm.día ⁻¹ (Medias+0.05 E.E.).	64
Figura 3. Comportamiento climaterico en chinenes. A). Velocidad de respiración (mL CO ₂ Kg ⁻¹ .h ⁻¹); B). Velocidad de producción de etileno (µL C ₂ H ₄ Kg ⁻¹ .h ⁻¹). (Media +0.05 E.E.).	77
Figura 4. Pérdida de peso fresco diario en frutos de aguacate 'Hass' y chinenes durante la maduración (Media +0.05 E.E.).	79
Figura 5. Cambio en el porcentaje de materia seca (% MS) entre frutos de chinene y aguacate 'Hass' durante la maduración (Media +0.05 E.E.).	81
Figura 6. Resistencia de la cáscara a la penetración (N) en frutos de chinenes y aguacate durante la maduración (Media +0.05 E.E.).	84
Figura 7. Variación en la luminosidad, ángulo de matiz y pureza de color en la cáscara y pulpa durante la maduración de frutos de aguacate 'Hass' y chinenes (Media+0.05 E.E.).	90
Figura 8. Porcentaje de aceites totales durante la maduración de chinenes y aguacate 'Hass' (Media+0.05 E.E.).	93
Figura 9. Porcentaje de fibra cruda en chinenes y aguacate Hass durante la maduración (Medias+0.05 S.E.).	96
Figura 10. Representación gráfica de la discriminación o separación entre grupos arrojada por las FCD's 1 y 2.	113

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Imagen 1. Diversidad frutícola de chinenes en la región de Huatusco, Veracruz.....	58
Imagen 2. Frutos dañados por barranador grande del hueso del aguacate <i>Heilipus lauri</i> en las primeras etapas del crecimiento de fruto.	73
Imagen 3. Muestreo de frutos abortados por <i>Heilipus lauri</i> entre dos fechas de lectura de datos consecutivas..	73
Imagen 4. Fruto severamente dañado por <i>Heilipus lauri</i>	74
Imagen 5. Adulto de <i>Heilipus lauri</i>	74
Imagen 6. Larvas de <i>Heilipus lauri</i> y daño ocasionado en la semilla de chinenes.	75
Imagen 7. Daños causados por la agalla de la hoja (<i>Trioza anceps</i>).	75
Imagen 8. Frutos de chinene después de la frigoconservación por 14 días a 6°, 10° y 15°C.	99
Imagen 9. Frutos de chinene después del almacenamiento a 15°C durante 14 días.	100
Imagen 10. Fruto de chinene dañado por <i>Colletotrichum sp.</i>	119
Imagen 11. Antracnosis en chinene causada por <i>Colletotrichum sp.</i>	120
Imagen 12. Pudrición del pedicelo en chinene.	120
Imagen 13. Pudrición del pedicelo avanzada a toda la pulpa y semilla de un fruto de chinene.	121

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

En los últimos años se ha insistido sobre la importancia de introducir y desarrollar nuevos cultivos que permitan ampliar las oportunidades de mejorar el ingreso de los productores, al mismo tiempo que generen fuentes de empleo y divisas para el país. A los nuevos cultivos se les ha llamado alternativos, no tradicionales, de exportación o cultivos exóticos, refiriéndose casi exclusivamente a plantas de climas subtropicales y tropicales como la tuna (*Opuntia* spp.), el aguacate (*Persea americana* Mill.) y las frutillas (Schwentesius y Gómez, 1997).

Entre las variedades del género *Persea* que se cultivan en México se ubica el chinene, que se distingue del grupo ordinario. Se trata de un fruto apreciado y conocido en el sureste mexicano, Guatemala y resto de Centroamérica. Los pobladores rurales de la región centro-oriente del estado de Veracruz le han denominado "chinene" y en el sureste de México también se le conoce como "chinin, chinini, aguacate de manteca o pagua" y en Guatemala como "chucté o coyo" (Cruz-Castillo *et al.*, 2004a).

El chinene (*Persea schiedeana* Nees) es un árbol frutal nativo de Mesoamérica que al igual que casi todos los miembros reconocidos del subgénero *Persea*, se distribuye desde la parte central de México, a través de Guatemala, hasta gran parte de Centroamérica, donde prospera de manera silvestre ó espontánea en áreas cálidas, muy húmedas, y en

altitudes similares a la de la raza Antillana del aguacate –abajo de los 1,000 m.s.n.m.- (Sánchez, 1999; Cruz-Castillo *et al.*, 2004a; Cruz-Castillo *et al.*, 2005).

A pesar de que es un fruto poco conocido en las zonas urbanas de México y Centroamérica, el chinene es muy apreciado por los habitantes de algunas regiones de Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Guatemala (Cruz-Castillo *et al.*, 2004b), cuya popularidad es atribuida a sus excelentes características organolépticas, además de que en la región es reconocido empíricamente como fuente de salud humana por mejorar la digestión alimenticia debido a su alto contenido de fibra y aceites esenciales. Al respecto, Cruz-Castillo *et al.* (2004b) y Joaquín-Martínez (2006) tienen evidencias de que algunos chinenes presentan en su pulpa un menor contenido de fibra y una mayor concentración de ácidos grasos esteárico y oleico con respecto al aguacate ‘Hass’, y que se llegaron a encontrar frutos cuya textura de pulpa fue muy parecida a la de dicho aguacate.

En los mercados regionales del centro del estado de Veracruz y del sur del estado de Tabasco se aprecia una gran diversidad de tipos de chinene en cuanto a tamaño y forma del fruto. El color de la cáscara puede ser verde, morada, negra o café. La pulpa es fibrosa o de textura similar a la del aguacate. Específicamente, se han observado en los mercados regionales de Huatusco, Veracruz, chinenes que presentan pulpa cremosa con buenas características organolépticas que facilitarían su comercialización en mercados de mayor exigencia y competencia comercial con respecto a otros tipos de frutos (Cruz-Castillo *et al.*, 2004a). Dicha región comprende entre los 1,100 y 1,300 m.s.n.m., donde el chinene comparte su hábitat con otros frutales que en forma dispersa crecen en las fincas de café y mayormente su producción está destinada al autoconsumo u orientada

hacia los mercados local y regional (Cruz y Torres, 2001). La principal forma de consumo del chinene en estos lugares es untando la pulpa del fruto en tortillas de maíz, en forma de taco (Cruz-Castillo *et al.*, 2005; Joaquín-Martínez, 2006).

Sin embargo, aún cuando *Persea schiedeana* ha sido reportada como una especie abundante en Guatemala y Centroamérica (Ben-Ya'acov *et al.*, 1995a y 1995b), también en nuestro país se tiene una gran gama de este recurso fitogenético, misma que se podría aprovechar para realizar investigaciones que evalúen la diversidad y la calidad frutícola, desafortunadamente, la deforestación, los cambios de uso de suelo, incendios forestales y destrucción de los hábitats naturales en general, están causando una reducción significativa de árboles (López *et al.*, 1999; Sánchez, 1999). Es por ello que se han llevado a cabo algunos programas de exploración, colecta, conservación y evaluación, entre los que se pueden señalar algunos trabajos como los de Barrientos *et al.* (1995), Ben-Ya'acov *et al.* (1995a y 1995b), López *et al.* (1995), López *et al.* (1999), entre otros.

A pesar de la importancia que representan los programas de exploración y conservación de la diversidad frutícola en chinenes, los estudios solo se enfocan al árbol y su ubicación geográfica, descuidando así las características inherentes a los frutos que también exhiben una gran variabilidad en formas, tamaños, pesos y valor nutricional (Cruz-Castillo *et al.*, 2004b). Así, el número de investigaciones que consideran al chinene como un frutal que puede tener valor comercial es reducido. Por otro lado, en la gran mayoría de las investigaciones donde *Persea schiedeana* ha tenido participación, la especie es utilizada para el desarrollo de porta injertos debido a su compatibilidad

vegetativa que tiene *Persea schiedeana* con el aguacatero, además de ser tolerante a *Phytophthora cinnamomi* Rands el cual es el agente causal de la enfermedad conocida como tristeza del aguacatero (Gabor *et al.*, 1990; Calderón, 1999; Ellstrand *et al.*, citado por López *et al.*, 1999), omitiendo en la mayoría de los casos el hecho de que existe una gran demanda regional y que durante la temporada de producción se han presentado casos en el que el precio del chinene rebasa al del aguacate 'Hass', (Cruz-Castillo *et al.*, 2004b).

Los objetivos de la presente investigación fueron generar información que permita caracterizar a los frutos de chinene por sus atributos de calidad física, y contenido de aceites, así como identificar los principales cambios relacionados con el proceso de maduración y la vida de almacén del fruto que influyen en el deterioro y senescencia. También, fueron identificadas sus principales plagas en campo y enfermedades en poscosecha.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA

Probablemente ningún otro país aparte de México y Guatemala posee tan abundante riqueza *ex situ* entre las diferentes variedades de aguacates silvestres y cultivados que hay en el mundo. Existe una amplia variación entre características. Los frutos de algunas variedades no son más grandes que un huevo de gallina y otros pueden llegar a pesar poco más de 1 kg. Las formas varían desde delgadas y alargadas hasta completamente circulares. La superficie del fruto en algunos casos puede aparecer rugosa, verrugosa o completamente lisa. El color puede ser verde, marrón, púrpura o casi negro. Los frutos tienen semillas grandes y otras pequeñas. La textura y el color de la pulpa también son muy cambiantes, así como la percepción del sabor.

Toda esta variabilidad ha dado origen a exploraciones de los recursos fitogenéticos del aguacate y a la creación de bancos de germoplasma especializados en la conservación de tal diversidad. Las primeras referencias respecto a este tipo de exploraciones y colectas nos regresan en el tiempo hasta el inicio de la llamada "fase de desarrollo agrícola estadounidense" (1890-1933), la cual nace a raíz de las innovaciones mecánicas incentivadas por el despliegue industrial que tuvo lugar alrededor de 1850. Estos factores históricos sentaron las bases del desarrollo agrícola de las empresas en el sur de Estados Unidos, de tal suerte que la presencia temprana de centros de investigación y

extensionismo, en combinación con la agricultura empresarial aseguraron el progreso frutícola de California. Así, el impulso científico a la agricultura comercial y la avanzada tecnología fueron diseñados en razón de la dimensión y naturaleza económica de las grandes empresas para satisfacer sus necesidades. Este conjunto de elementos permitieron que los empresarios californianos formularan estrategias audaces enfocadas a capitalizar los mercados regionales de los Estados Unidos (Cruz-Castillo y Hernández, 1996).

Aunado a lo anterior, es el papel de las agencias de extensión agrícola e investigación científica encargadas del mejoramiento y la productividad de cultivos orientados al mercado, uno de los principales responsables de los incrementos de la productividad agrícola en los Estados Unidos, del cambio tecnológico, de la innovación institucional y el mejoramiento del capital humano e inclusive de los cambios de la disponibilidad del capital biofísico. De este modo, los empresarios de California y Florida logran activar el desarrollo de una agricultura de plantación, y una de sus principales metas fue la investigación científica en países que poseían una amplia variabilidad de recursos genéticos de semillas, frutos y hortalizas. Un ejemplo lo constituyen los trabajos de recolección de variedades de aguacates mexicanos realizadas por investigadores estadounidenses (Cruz-Castillo y Hernández, 1996).

Aunque desde 1871 el aguacate (*Persea americana* Mill.) se empieza a plantar en algunas áreas de California, es hasta 1890 cuando se logran producir injertos en Florida y en 1900 se inicia su difusión con la instalación del primer vivero. La primera plantación fue realizada en las inmediaciones de Miami en 1906 con una variedad

denominada 'Trapp'. En 1908, se reporta el interés de los comerciantes de frutas de Los Ángeles por las variedades mexicanas. En 1909 la empresa West Indian Garden plantó una notable cantidad de árboles de aguacate para evaluar su adaptación al clima de California. Estos experimentos requirieron la participación de la Dirección General de Agricultura de México con fines de adaptar el aguacate a zonas de clima frío. En un reporte de esta agencia correspondiente al año de 1911 se señala que en Nuevo León se emprendieron experimentos con el fin de aclimatar nuevas variedades resistentes al frío. Estos ensayos no resultaron muy satisfactorios para los empresarios de California quienes ya comenzaban a especializarse en esta actividad, puesto que en el mismo año realizaron experimentos de exploraciones científicas encaminadas a localizar variedades de aguacates plantados en las zonas frías de México y Centroamérica (Cruz-Castillo y Hernández, 1996).

Uno de los principales pioneros en las exploraciones agrícolas de las variedades de aguacate fue Mr. Wilson Popenoe, oficial de introducción de plantas y semillas foráneas del Departamento de Agricultura de E.U.A. y posteriormente presidente del West Indian Garden, quien desde la última década del siglo XIX organizó expediciones a México, Guatemala, Cuba, Honduras y otros países de Centroamérica primeramente para identificar, describir, coleccionar y evaluar la mayor cantidad de variedades como sea posible con la finalidad de estandarizar, en aquellos tiempos, la más adecuada a las necesidades de los agricultores de California. Wilson Popenoe en acuerdo con las reglas y estándares de la American Pomological Society introdujo la nomenclatura de las variedades. Las descripciones fueron designadas a conveniencia en la menor cantidad de palabras como fue posible, así como una idea exacta de las características importantes

del fruto, hábitos de crecimiento, productividad y robustez del árbol. Las sinonimias, la ciudad o distrito de origen y el año de colecta fueron señalados después del nombre varietal. Aunque muchos de estos datos no fueron absolutamente correctos, sirvieron para mostrar una aproximación de lo que representa cada variedad (Pepeno, 1915).

El constante desarrollo y la disponibilidad de nuevas variedades de aguacate en California y Florida provocó, desde sus orígenes, una competencia comercial entre los empresarios dedicados a esta actividad que los llevo a organizarse regionalmente. Así, en mayo de 1915 los productores de California decidieron agruparse y formar una asociación a la que denominaron "California Avocado Association" cuyo objeto fue el mejoramiento de la cultura, producción y mercado del aguacate (Cruz-Castillo y Hernández, 1996).

Sin embargo, en todas estas series de exploraciones y listas de variedades clasificadas no fue incluido *Persea schiedeana* Nees (chinene) por no ser considerado de importancia para su uso en California. Solo hasta 1918, como resultado de las exploraciones en el sureste de México, Wilson Pepeno escribió en un reporte preliminar de la exploración de los aguacates en México para la "California Avocado Association" la existencia del chinene, señalando la importancia de este frutal en la cultura de México y Guatemala, y especifica también que debe ser incluido en los esquemas de clasificación. Además reporta que un año atrás ya había encontrado este fruto en Guatemala aunque bajo el nombre de *Coyo* o *Shucte* y que en el sureste de México (Chiapas) es conocido como *Chinin*. Así mismo reporta avistamientos de chinene en la parte media y sur del estado de Veracruz y lo señala muy abundante en el estado de

Tabasco. Aunque Pepenoe no presenta más detalles respecto a la especie, indica preliminarmente que el chinene corresponde a la variedad botánica *Persea schiedeana* descrita por Nees en 1864. Al respecto también señala que pocos botánicos han colectado esta especie y que botánicamente es poco conocida, y además, el fruto no ha sido observado por ningún botánico de los que han intentado clasificar la planta. Dada la referencia botánica y la amplia experiencia de sus observaciones respecto a la planta y sus hábitats de desarrollo, Pepenoe argumentó estar convencido de que el chinene se trataba de una especie diferente y que no debería ser incluida como una variedad de *P. americana* (Pepenoe, 1918). Debe remarcarse aquí que la principal causa por la que la existencia del chinene fue reportada por primera vez en Guatemala, se debe a que las primeras exploraciones realizadas en México fueron repentinamente interrumpidas debido a la situación política por la que atravesó el país desde el inicio hasta el término de la revolución mexicana (Wahlberg, 1931).

Por su parte y en la misma fecha, el Ministerio de Colonias del Jardín Colonial de París (Ministère des Colonies, du Jardin Colonial) publica en la revista "L'Agronomie Coloniale" el artículo denominado "Une nouvelle variété d'Avocat: Le Chinin" como resultado de la expedición a Tabasco, México para la descripción de las variedades de aguacate. Aunque en el apartado 2.4 se detallan algunos aspectos relevantes al respecto, es pertinente mencionar que el autor coincide en que el chinene pertenece a un grupo que se distingue por mucho del tipo ordinario de aguacates y que debe ser, mas bien considerado como aparte o en una variedad diferente (Itié, 1918).

Para 1919, Wilson Pepenoe publica a través del Departamento de Agricultura de E.U. el boletín no. 173 titulado “The avocado in Guatemala”, donde dedica toda una sección al “Coyo” o chinene, especificando su distribución geográfica, nombres comunes, características de la planta, algunos requerimientos de cultivo y aspectos de calidad de fruto (Pepeno, 1919). Al parecer, todos estos hallazgos no parecen motivar a la “California Avocado Association” para que utilicen al chinene como recurso frutícola, sino más bien en aquellos años estaban más ocupados en la búsqueda de una medida de calidad o algún criterio de excelencia que permitiera la estandarización del fruto del aguacate y con ello la acción legislativa, que serviría a dos propósitos fundamentales; primero, proteger al consumidor de la adquisición de un alimento fraudulento o inferior; y segundo, proteger a los productores de una gran cantidad de frutos proporcionados por la competencia externa, con bajo grado de aceptabilidad en los procesos de producción (Goss, 1923).

Así, el chinene desaparece parcialmente del interés de los investigadores hasta que nuevamente Wilson Pepenoe (1927) publica el artículo “Wild Avocados” (aguacates silvestres), como resultado de las exploraciones a México y Centroamérica, donde logra asegurar una gran cantidad de variedades de aguacates silvestres a disposición del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Esto trajo a la luz varios tipos interesantes de los cuales solo los dos primeros citados en el artículo resultan de importancia particular: el primero fue que el aguacate ‘Fuerte’ que había sido propuesto por primera vez para ser cultivado a gran escala (recomendado mucho antes para su plantación comercial en Florida y California desde 1917 por la California Avocado Association); y el segundo, de entre los frutos que fueron mencionados y con énfasis,

fue el Coyo o Shucté de Guatemala (chinene), bajo la propuesta de que el probable valor de estos tipos de aguacates silvestres incida sobre la posibilidad de que ellos pueden ser más vigorosos y resistentes a enfermedades que las formas cultivadas.

Sin embargo, pasarían alrededor de 20 años para que esta propuesta fuese considerada viable. Para esas fechas, alrededor de 1944 el aguacate 'Hass' deja de ser un cultivo experimental y surge recomendado por la "California Avocado Association" para su uso comercial (Reporte del comité de variedades de la California Avocado Association, 1944) y solo un año después ocupaba el segundo lugar en popularidad después del aguacate 'Fuerte' (Griswold, 1945). Para mas información respecto de los inicios de la variedad de aguacate 'Hass' se recomiendan los artículos de Griswold (1945) y Round (1946). Sin embargo, aún no se había podido solucionar un problema fundamental en el cultivo del aguacate llamado, *Phytophthora cinnamomi* Rands o también conocido como "tristeza del aguacatero" que hacía estragos en las plantaciones en California y Florida, principalmente en aquellas regiones donde los suelos tienen un drenaje deficiente. Al respecto solo se podían hacer tres cosas: 1) mejorar el drenaje de los suelos; 2) atacar desde el ángulo patológico y; 3) encontrar un porta injerto que produzca árboles saludables donde los aguacates estaban muriendo por cualquiera de las dos primeras causas sugeridas (Feister, 1949). La opción mas viable fue la tercera, por lo que se realizaron expediciones a México y América central buscando la posibilidad de descubrir patrones o porta injertos resistentes de aguacates silvestres que pudieran ser utilizados en los aguacates comerciales, y entre los muchos tipos colectados *Persea schiedeana* salió a la luz (Pepenoe y Williams, 1947 y 1948) y fue tal su magnitud y aceptación que en 1949 se publica el artículo "The coyo: a rootstock for the avocado?"

donde se detallan varios atributos sobresalientes de adaptabilidad del sistema radical en diversos ambientes y tolerantes al hongo (Feister, 1949). Pero esto no fue establecido definitivamente sino hasta que Zentmayer, quien fuese el primero en definir a detalle las enfermedades del aguacate (Zentmayer, 1946), realiza una expedición a México evaluando particularmente los municipios de Huatusco y Coscomatepec, Veracruz y establece que en estos lugares el chinene presenta un alto grado de resistencia a *Phytophthora cinnamomi* Rands (Zentmayer, 1951). Un año después otra exploración dirigida a cargo de Schroeder (1952) también reporta la resistencia del chinene a la tristeza del aguacatero.

A partir de esta fecha hasta nuestros días prácticamente todas las colectas se han realizado con el mismo fin. Así, la información existente como resultado de las investigaciones en todo el mundo relacionadas con *Persea schiedeana* se pueden resumir en los siguientes estudios. 1) Potencial de *P. schiedeana* como porta injerto del aguacate; 2) Relevancia como alimento en la conservación de animales mamíferos; 3) Huésped de otras especies vegetales; 4) Número de cromosomas; 5) Tipos de aceites en sus hojas; 6) Relación genética con otras especies del género *Persea*; 7) Conservación en bancos de germoplasma; y 8) Caracterización como recurso fitogenético (varios autores citados por Cruz-Castillo, 2004b). Pero hasta ahora ningún estudio ha encaminado sus esfuerzos a revalorar el chinene como un recurso frutícola con alto potencial de comercialización, ni se ha caracterizado el fruto de éste en todos sus atributos, físicos, fisiológicos y bioquímicos.

2.2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Casi todos los miembros reconocidos del subgénero *Persea* ocurren primariamente en la misma región: desde la parte central de México, a través de Guatemala hasta gran parte de Centroamérica. Como evidencia de lo anterior, están los hallazgos de aguacates primitivos en esa área general, desde la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León, México, hasta Costa Rica en Centroamérica, apoyando la suposición de que se trata de un Centro de origen, probablemente de todo el subgénero *Persea*. Esa área general coincide en gran parte con la descripción de Vavilov del llamado Centro Principal de Origen VII, que incluye a México, Centroamérica y el Caribe (varios autores citados por Sánchez, 1999).

Sin embargo, *P. schiedeana* se sitúa en un rango que va desde México hasta Colombia, en Sur América donde prospera de manera silvestre ó espontánea en áreas cálidas, muy húmedas, y en altitudes similares a la de la raza Antillana, desde el nivel del mar hasta alrededor de los 1000 m.s.n.m. (Zambrano, 1986; Cruz-Castillo *et al.*, 2004a). En México, *P. schiedeana* se encuentra en la parte centro sur del país, desde el estado de México, Puebla, Oaxaca y la Llanura del Golfo que comprende a los estados de Chiapas, Tabasco, Veracruz y parte sur del estado de Tamaulipas, pareciendo ser la Llanura del Golfo el área natural de dispersión por presentar una muy amplia variación genética (López *et al.*, 1999; Sánchez, 1999; Maldonado, *et al.*, 2004; Joaquín-Martínez, 2006). En el estado de México forma parte de colectas del género *Persea* en Bancos de Germoplasma establecidos por la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C., a altitudes de 2,240 y 1,920 m.s.n.m. (López *et al.*, 1999).

describe que la especie se desarrolla bien entre los 18°10' y 18°45' de latitud norte y los 94°42' y 95°27' de longitud oeste, con climas predominantemente del grupo cálido húmedo del tipo Af(m), Am y Aw, que abarcan todas las altitudes de la zona por debajo de los 1000 m.s.n.m y con temperaturas promedio anual que varían desde valores mínimos de 22°C hasta valores superiores a los 26°C. Otro grupo climático que se menciona es el semi-cálido húmedo del tipo (A)C, con temperaturas medias anuales de 22°C y temperatura del mes más frío superior a 18°C. La precipitación pluvial de la zona también es muy variada y es considerada como una de las más lluviosas del país donde se presentan valores de 1500 mm en zonas bajas, 2000 mm en las faldas de las montañas y hasta de 4000-4500 en las zonas más altas y con mayor exposición a los vientos.

Es por demás decir que el interés por consumir chinene no es tan amplio como el existente con el aguacate. Por esta razón, incluso en regiones como la de Huatusco y Los Tuxtlas, y estados como Tabasco y Chiapas donde los árboles están presentes probablemente en la misma cantidad que las plantaciones de aguacate, los frutos de chinenes nunca son tan abundantes como los de aguacate en los mercados. Sin embargo, una producción ocasional, tanto de un árbol que entre en producción temprana o muy tardía, puede llegar a elevar los precios a más de \$ 5.00 por fruto. Al respecto Cruz-Castillo *et al.* (2004b) reportan que se han notado temporadas en las que el precio del chinene llega a superar el precio del aguacate 'Hass'. Herrera *et al.*, (2005) coincide con lo anterior y añade que este fenómeno se debe a que el chinene se cosecha en la temporada de menor oferta del aguacate 'Hass' por lo que es demandado y consumido como sustituto de éste, sin embargo, la oferta no es suficiente para satisfacer la demanda de los consumidores y es por ello que el chinene se cotiza a precios superiores que los

aguacates de variedades conocidas. Este mismo autor atribuye que la falta de interés por el chinene en el contexto nacional radica en que el aguacate es más atractivo y apreciado originando la escasa promoción y comercialización de los frutos de chinene fuera de los ámbitos y zonas aledañas donde prospera.

2.3. TAXONIMÍA Y SINONÍMIAS

La Familia Lauraceae comprende poco más de 50 géneros -entre los que se encuentra *Persea*- y alrededor de 2,200 especies. Estas en su mayoría son tropicales y subtropicales incluyendo al aguacate. Otros miembros sobresalientes de la Familia Lauraceae son, el laurel, la canela y el alcanfor (Sánchez, 1999). El chinene (*Persea schiedeana* Nees) también es un miembro de esta antigua y numerosa Familia vegetal.

El género *Persea*, sintetiza la importancia que las Lauráceas tienen, desde el punto de vista agronómico por cuanto a sus diferentes especies y variedades entre los cultivos tropicales. Lauraceae es la familia más conspicua del tercer orden, Laurales, de la Subclase Magnoliidae del sistema de clasificación de Cronquist (Zambrano, 1986). El género *Persea* tiene un número desconocido de especies, aunque algunos autores aseguran que son unas 80 las reconocidas como válidas (Storey *et al.*, 1986; Zentmyer, 1991). El género está constituido por dos subgéneros, uno de ellos, *Persea*, el cual contiene unas pocas especies relacionadas entre sí, incluyendo a *P. americana* (aguacate comercial), *P. nubigena* (aguacate de monte), *P. steyermarkii* (aguacate de montaña), *P. schiedeana* (chinene), *P. floccosa* (aguacate cimarrón) y varias otras que probablemente serían mejor considerarlas como subespecies adicionales de *P. americana*, tales como *P.*

floccosa y *P. nubigena*. El otro subgénero es el *Eriodaphne*, bastante numeroso, variable y claramente diferenciado (Sánchez, 1999; Barrientos y López, 2000 citados por Cabrera, 2005).

Kopp, citado por Cabrera (2005) clasifica al aguacate mexicano como *P. americana* var *drymifolia*, y a los tipos guatemaltecos y antillano como *P. americana* var *americana* y a un aguacate silvestre como *P. americana* var *nubigena* e incluye en este subgénero a *P. schiedeana* Nees, *P. steyermarkii* Allen y *P. floccosa* Mez.

Orden:	Ranales
Suborden:	Magnoliidae
Familia:	Lauraceae
Género:	Persea
Subgénero:	Persea
Especie:	schiedeana
Nombre científico:	<i>Persea schiedeana</i> Nees.

Sinonimias:

En México:	Aguacatea, aguacate de manteca, chinene, chinin, chinini, chinine y pagua;
En Guatemala:	Coyo, chucté, kiyau, quiyo, coyoy, coyocté, chalté, chaucté;
En Honduras:	Supté, shupté, chute, guaco y pera silvestre;
En El Salvador:	Chute

En Costa Rica:	Aguacate de montaña o Yas
En Perú:	Palta (Popenoe, 1919; Cruz et al., 2004b; Joaquín-Martínez, 2006).

2.4. ASPECTOS BOTÁNICOS

Botánicamente la planta de *P. schiedeana* Nees no difiere mucho de otros aguacates, al menos a simple vista, tiene cierto parecido con *P. floccosa* por la fuerte pubescencia café en brotes jóvenes y en la cara inferior de las hojas, pero posee yemas escamosas que lo diferencian y el fruto es ovoide y mucho más alargado (Itié, 1918; Pepenoe, 1919; Zambrano, 1986; Schieber y Zentmayer, 1987; Maldonado *et al.*, 2004). Por otra parte, mientras que el árbol tiene el mismo tamaño que el del aguacate (de 15 a 30 m), las ramas tienen una fuerte tendencia a extenderse horizontalmente del tronco y las ramas más jóvenes son más robustas y rígidas que las del aguacate con las hojas muy aglomeradas hacia los extremos (Pepenoe, 1919; Maldonado *et al.*, 2004), la corteza esta fuertemente fisurada, las hojas tienen pecíolos delgados, redondeados y apiculados o subagudos en el ápice, de color gris y aterciopeladas en el haz (Maldonado *et al.*, 2004). En Guatemala se han descrito ejemplares que alcanzan de 20 a 50 metros de altura (Schroeder, 1974).

El chinene florea durante la misma estación del aguacate, la cual oscila entre los meses de Febrero y Abril, sin embargo, su fruto madura en menos tiempo (Pepenoe, 1919). Debido a lo anterior, los frutos de chinene aparecen en los mercados antes que el aguacate, principalmente coincide con la menor temporada de oferta del 'Hass'

(Pepeno, 1919; Herrera *et al.*, 2005). Las flores del chinene aparecen conformadas en panícula y permanecen agrupadas en racimos más cortos y gruesos que los del aguacate, y son fácilmente distinguidos de los últimos por una coloración amarillenta, naranja o rojiza en la base de cada segmento del perianto; los segmentos del perianto tienen la apariencia de pétalos, pero como la corola está ausente en esta especie, ellos no pueden llamarse propiamente por este nombre. Todas las partes de la inflorescencia están cubiertas con una fuerte pubescencia (Pepeno, 1919, Maldonado *et al.*, 2004).

Cuando el chinene se propaga desde la semilla, al parecer entra en fructificación mucho después que el aguacate. Aunque no hay información exacta al respecto, de acuerdo con los trabajadores de campo del Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo, en la región centro del estado de Veracruz, México, coinciden en que los árboles comienzan a fructificar entre los ocho y diez años de edad (Sr. Juan José Fernández Luna y Sr. José Guadalupe Hernández Acona, comunicación personal). Existen reportes de exploraciones de chinene en Guatemala que señalan que después del amarre de fruto, éste último llega a maduración entre la última mitad del mes de Junio hasta principios del mes de Agosto, y que al igual que en aguacate, existe cierta cantidad de variación en la estación de maduración entre diferentes árboles (Pepeno, 1919). Por otra parte Maldonado *et al* (2004) reportan que el chinene fructifica en Tabasco, México entre los meses de Julio y Septiembre.

Así mismo, el proceso de maduración de los frutos de chinene requiere menos tiempo que el del aguacate, normalmente tres o cuatro días son suficientes. Cuando los frutos

confieren cierta presión a los dedos, entonces están listos para comerse y son transportados a los mercados regionales y tianguis para la venta.

No hay mucha diferencia entre el color de la cáscara, sin embargo el color de la pulpa es más fácilmente distinguible con respecto al de todos los aguacates. En cuanto a su forma, muchos de los frutos de chinene presentan cuellos alargados en forma de pico de botella de hasta 7.5 cm de longitud, existen también tipos que son periformes y unos pocos que adquieren la forma ovoide pero ninguno llega a ser redondo (Pepenoe, 1919). Además, los frutos de chinene tienen generalmente menor cantidad de pulpa en comparación con los cultivares del aguacatero.

Itié (1918) realizó una exploración de los tipos de frutos de chinene en el estado de Tabasco, México, y al igual que Pepenoe (1919) en Guatemala, reportó una gran variabilidad en cuanto a formas y colores, sin embargo logró identificar cuatro tipos de frutos principales cuyas características se describen a continuación y se resumen en la Cuadro 1.

Tipo No. 1: Fruto ovoide alargado de cuello corto. Piel o cáscara de color verde claro, rugosa y cubierta de protuberancias. La pulpa es blanca, con un tono ligeramente amarillo y un poco seca. En la periferia de la parte superior se observan raras fibras longitudinales. La semilla es casi rectilínea en un lado y fuertemente curvada en la cara opuesta, en forma de aguja. El endocarpio forma una membrana coriácea y no se adhiere a la semilla, esta recubierto de una pulpa más fina y grisácea.

Cuadro 1. Dimensiones y pesos de las diferentes partes de los cuatro tipos de frutos de chinene identificados por Itié en 1918.

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Longitud	178 mm	210 mm	242 mm	235 mm
Diámetro del cuello	38 mm	35 mm	40 mm	35 mm
Diámetro de la parte ancha	82 mm	78 mm	76 mm	66 mm
Peso total	500 g	500 mm	660 g	560 g
Peso de la pulpa	260 g	280 g	400 g	260 g
Peso de semilla	160 g	120 g	120 g	140 g
Peso de cáscara	80 g	100 g	140 g	160 g

Tipo No. 2: Fruto alargado de cuello poco marcado. Una de las caras está fuertemente curvada y la otra ligeramente más recta. El extremo está en forma de acumen largo, curvado y redondeado. La piel es de color verde, sombreado de un costado y violeta del otro, está fuertemente arrugada, cubierta de protuberancias redondeadas o de pliegues alargados. La pulpa es blanca, ligeramente rosa-violácea en la parte que está en contacto con la cáscara. El sabor es fresco, un poco acuoso, ligeramente insípido aunque agradable. La consistencia es finamente granulosa con respecto a la untuosidad del aguacate. La proporción de material graso parece ser mucho menos abundante. La semilla parece estar en forma de aguja, regular y puntiaguda. El endocarpio es mucho más grande que la semilla que parece estar como envuelta en una especie de saco, en paredes elásticas y resistentes.

Tipo No. 3: Fruto alargado de cuello bien marcado, no asimétrico. Una de los lados está fuertemente convexo y el otro ligeramente cóncavo, la extremidad esta formada por un “*acumen*” corto y puntiagudo igualmente curvado. La cáscara es arrugada, verde, sombreada en un lado y violeta en el otro. La pulpa es de color blanco cremoso a un poco rosa. La consistencia es untable y suficientemente firme. El sabor es dulce pero poco pronunciado, muy agradable y fresco, sin olor apreciable. El interior de la cáscara es fuertemente violáceo. La semilla es muy alargada y termina regularmente en punta. El endocarpio es resistente y elástico, no adherido a la semilla. Está recubierto de una capa suficientemente espesa de pulpa muy fina.

Tipo No. 4: Fruto excesivamente largo, en forma de mazo recurvado. La pulpa es blanca amarillenta. Pasados algunos días después de cortado, el fruto entra en senescencia. Entonces la pulpa adquiere una coloración negruzca haciéndose más rígida y poco agradable al gusto. La cáscara es verde y arrugada. La semilla redondeada en un extremo y puntiaguda y curvada en el otro. El endocarpio envuelve completamente a la semilla, sin presentar ningún punto de adherencia. Los cotiledones son amarillos y lisos.

En resumen, Itié (1918) concluye que los frutos de chinene se distinguen del aguacate:

- Por su cáscara más rugosa
- Por la constitución del endocarpio, siempre grueso y resistente
- Por la textura, el color y el sabor de su pulpa.

2.5. REDUCCIÓN DEL NÚMERO DE ÁRBOLES

Si bien por una parte se reporta la existencia de una amplia diversidad genética del chinene, desafortunadamente la destrucción de los hábitats naturales está ocurriendo a un paso alarmante. La extinción del bosque tropical con su taxa Lauraceae es especialmente trágica. La pérdida de la diversidad genética está ocurriendo aún más rápidamente que la extinción de las especies, lo cual es sumamente riesgoso pues mientras más amplia sea la diversidad de las especies mayor es la posibilidad de encontrar plantas cuyo potencial genético permitirán mejorar las características de alto rendimiento, calidad, tolerancia y/o resistencia a plagas y enfermedades, sequía y a otros factores adversos (López *et al.*, 1993b).

Para el caso del género *Persea* las principales causas de pérdida de nuestros recursos genéticos en México son: a) El derribo de bosques para la apertura de nuevas áreas a la agricultura y la ganadería; b) El sobre pastoreo de agostaderos; c) Los incendios forestales; d) El avance de las áreas urbanas; y e) El uso de la madera (Sánchez, 1999).

Durante las últimas tres décadas los genotipos nativos y semi silvestres del chinene han estado desapareciendo rápidamente, al igual que otras especies nativas. Aunque sus frutos y madera son relativamente apreciados en algunas localidades el chinene ha sufrido una tala indiscriminada en otras debido a la expansión de las zonas rurales y urbanas (Herrera *et al.*, 2005). Esta situación hace urgente la necesidad de realizar trabajos de investigación en esta especie para identificar y conservar algunos genotipos sobresalientes antes de que se siga perdiendo la riqueza de esa fuente de germoplasma

conforme sus hábitats están siendo alterados. Un número desconocido de árboles de los diferentes tipos de chinene está desapareciendo no digamos antes de ser estudiadas, sino antes de reconocerlos.

Por lo señalado anteriormente es necesario desarrollar nuevas estrategias de conservación de nuestros recursos genéticos. En las décadas pasadas se creía que la conservación de los parientes silvestres del aguacate probablemente sería mejor *in situ* o como poblaciones naturales en su lugar de origen (Bowman y Scora, 1992 citados por Sánchez, 1999), pero debido a la acelerada destrucción de esos hábitats fue necesario proceder a su rescate para su preservación bajo un programa de administración de colectas de recursos genéticos que contemple las necesidades actuales y futuras (Ben-Ya'acov *et al.*, 1992 citado por Sánchez, 1999)

2.6. USOS POPULARES

Como planta originaria de Mesoamérica, el chinene se le encuentra en huertos familiares y, particularmente para la región central del estado de Veracruz que comprende entre los 1,100 y 1,300 m.s.n.m, el chinene crece junto con otros frutales que aparecen como árboles de sombra en cafetales (Cruz y Torres, 2001; Cruz-Castillo *et al.*, 2005).

Maldonado *et al.* (2004) reportan que en Tabasco es altamente apreciado entre los pobladores por su consistencia, sabor y valor. En cuanto a su fruto, solo se reporta que se consume en forma fresca, mientras que la madera del árbol es utilizada para la

construcción de locales anexos a la vivienda así como combustible en forma de leña. El uso frutícola y maderable del chinene también es reportado por Herrera *et al.* (2005) entre los pobladores del centro del estado de Veracruz, cuyos frutos son consumidos como guarnición o ensalada para acompañar a los alimentos.

Cruz-Castillo *et al* (2005) y Joaquín-Martínez (2006) en exploraciones de los usos y costumbres del chinene en la región centro-occidente y la región de Los Tuxtlas del estado de Veracruz, reportan que la principal y única forma de consumir el chinene es untando la pulpa del fruto en tortillas de maíz. Sin embargo, actualmente se están encaaminando esfuerzos para dar mayores usos al fruto de chinene, principalmente a través de la industria de extracción de aceites. Así mismo, se están vinculando más instituciones educativas y gubernamentales a este rubro, de tal modo es posible a corto o mediano plazo la formulación y financiamiento de proyectos de inversión para la creación de pequeñas industrias extractoras de aceite de chinene y maquiladoras de pastas, jabones, ceras, pinturas, entre otras que podrían potencializar la economía de las regiones cafetaleras del estado de Veracruz (Juan Guillermo Cruz Castillo profesor-investigador del Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo, Huatusco, Ver., comunicación personal).

2.7. VALOR NUTRICIONAL

Su consumo como fuente de la salud humana es reconocido en las regiones tropicales de México, sin embargo, poco se conoce sobre su contenido nutrimental. Recientemente se han realizado estudios (Cruz-Castillo *et al.*, 2004b), donde se han encontrado mayores

concentraciones de aceites totales, y fibra cruda en pulpa de chinene, además de que también se obtuvieron altas concentraciones de los ácidos grasos oleico, palmítico y esteárico con respecto al aguacate 'Hass'.

Más recientemente se llevaron a cabo análisis de ácidos grasos por cromatografía de gases en pulpa de chinenes producidos a dos diferentes altitudes sobre el nivel del mar (región de los Tuxtlas, Veracruz 100-700 m.s.n.m; y región de Huatusco, Ver., 1000-1400 msnm) en contraste con pulpa de aguacate 'Hass' (Del Ángel *et al*, 2006a y b). Los resultados de la investigación mostraron que existen diferencias entre la calidad nutricional del fruto de chinene con respecto al aguacate 'Hass', sin embargo, hay diferencias entre chinenes que desarrollan en zonas bajas donde los climas son predominantemente calidos y aquellos que desarrollan en zonas altas con climas semi-templados. Por lo que los chinenes que se desarrollaron en la región de Huatusco (mas de 1000 metros de altitud) fueron los que exhibieron la mayor concentración de aceite oleico, mientras que los chinenes colectados de la región de Los Tuxtlas presentaron pulpa con elevados porcentajes de los ácidos grasos palmítico y palmitoléico. En todos los casos la concentración de los ácidos grasos linoléico y linolénico fue moderada. El grupo del aguacate 'Hass' mostró la menor variabilidad y con ello el menor porcentaje de ácidos grasos presentes en pulpa con respecto a los chinenes.

Por último, los mismos autores concluyen que la elevada concentración de aceite oleico en la pulpa de chinenes de zonas altas con respecto al aguacate 'Hass' permite recomendar ampliamente el consumo de este fruto dados los efectos benéficos de este ácido graso sobre el estado de salud humana, principalmente al disminuir factores de

riesgo de enfermedades cardiovasculares. Mientras que para las regiones bajas, la industrialización del fruto de chinene es la mejor alternativa, enfocada hacia la extracción de aceite de chinene para la fabricación de ceras, jabones, pinturas, cosméticos, entre otros es recomendada.

La importancia de dichos resultados es trascendental, porque esto demuestra que la pulpa de chinene es rica en aceites y ácidos grasos de gran valor nutricional, lo que sin duda alguna facilitará la promoción y apertura de nuevos mercados para su consumo. Anteriormente solo las investigaciones de Scora y Scora (2000) habían centrado su atención en los aceites esenciales de chinene y otros aguacates del subgénero *Persea*, sin embargo, estos análisis solo fueron realizados en hoja y no en fruto, encontrando una gama de más de 90 componentes, de los cuales el alfa-pinona, beta-pinona y beta-cariofileno fueron los de mayor concentración en el follaje de chinenes.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación está planeada en seis secciones denominadas “Experimentos”, cada uno de ellos diferentes entre sí. El material vegetal utilizado en cada experimento fue obtenido en épocas de producción y etapas de madurez diferentes, consistiendo principalmente en frutos de chinene (*Persea schiedeana* Nees) y en algunos casos frutos de aguacate del cultivar ‘Hass’ (*Persea americana* Mill). Los detalles metodológicos y el propósito de cada experimento se describen a continuación.

3.1. EXPERIMENTO 1. EXPLORACIÓN FRUTÍCOLA

El sitio de exploración frutícola comprendió los principales municipios de la región cafetalera del centro del estado de Veracruz, México. Las localidades de Calcahualco, Comatitlán, Cordoba, Excola, Huatusco, Ixhuatlán, Ocotitlán, Tecomatitlán, Tomatlán y Tomatitlán ubicados en la zona centro-oriente del estado fueron exploradas y los frutos fueron comprados entre los comerciantes locales. Se colectaron un total de 180 frutos de chinene provenientes de dichas localidades durante el mes de Julio de 2004, el cual representa la temporada de mayor producción y comercialización. De acuerdo con el comerciante, los frutos provinieron de árboles desarrollados en forma silvestre o establecidos en traspatios sin manejo agronómico alguno.

3.1.1. Variables evaluadas

- Color de fruto, identificado en el análisis estadístico con los valores 1 2 y 3 para los colores Negro, Verde y Café respectivamente.
- PF = Peso fresco de fruto (g)
- PP = Peso de la pulpa (g)
- PS = Peso de semilla o hueso (g)
- PC = Peso de la cáscara (g)
- LF = Longitud de fruto (mm)
- LS = Longitud de la semilla (mm)
- DP = Diámetro proximal del fruto (mm)
- DM = Diámetro medio del fruto (mm)
- DD = Diámetro distal del fruto (mm)
- DMS = Diámetro medio de la semilla (mm)
- EP = Espesor de la pulpa (mm)
- EC = Espesor de la cáscara (mm)

3.1.2. Análisis estadístico

Con el propósito de resumir la dimensionalidad de datos e identificar algunas nuevas variables sobresalientes, el análisis de componentes principales (ACP) fue usado. El objetivo de ésta técnica es encontrar combinaciones lineales provenientes de variables que se encuentran correlacionadas para producir nuevas variables que no están correlacionadas. La ausencia de correlación es una propiedad muy útil, ya que esto

significa que las nuevas variables encontradas están midiendo diferentes dimensiones del sistema de datos. Así, el ACP consiste en una matriz de correlación simple entre todos los posibles pares de variables que son estandarizados con el fin de homogenizar las unidades de medida. Basados en esta matriz de correlación, las variables se transforman en componentes principales (CP) los cuales son combinaciones lineales de las variables estandarizadas, siendo la máxima correlación el primer componente principal (CP1) el cual tiene la mayor porción del total de la varianza. Los coeficientes estandarizados reflejan la contribución de las variables en la presencia de otras y no el efecto de una variable en particular (Manly, 1986). La matriz de datos resultante contuvo 180 muestras y 13 variables. El procedimiento “proc princomp” del programa SAS V.8 fue empleado para este propósito.

3.2. EXPERIMENTO 2. CRECIMIENTO DEL FRUTO

3.2.1. Material vegetal y sitio de estudio

Cinco árboles de chinene fueron seleccionados poco antes del inicio de la floración dentro del municipio de Huatusco, Ver., en enero de 2005. Los criterios de selección de los árboles fueron su alta productividad y adecuada calidad de fruto. Un total de 300 frutos en etapa de crecimiento y aproximadamente a una semana después del amarre de fruto, fueron seleccionados al azar a través de los cinco árboles.

De acuerdo con la estación meteorológica del Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo, el tipo de clima predominante en la zona de estudio corresponde al (A)C(M)wbig semi-cálido húmedo con lluvias todo el año. La precipitación pluvial es de 1825.5 mm por año, con la mayor intensidad en verano y porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 12%. La temperatura media anual de 19.1°C y del mes mas frío de 11.2°C, con oscilación térmica de 5°C y el mes más caliente se registra antes de Junio. La zona de influencia oscila alrededor de los 1,300 m.s.n.m $\pm$ 100 m de altitud.

3.2.2. Variables evaluadas

La etapa de crecimiento de fruto fue definida en base a criterios no destructivos utilizando un vernier digital de 150 mm evaluándose semanalmente la longitud y diámetro (mm) de los frutos. Las fechas de inicio y término de la floración, las del amarre de fruto, y también las de inicio y fin de la temporada de la cosecha fueron

registradas. Los datos fueron expresados como valores acumulados y como tasa o velocidad de crecimiento de acuerdo a la formula de Hunt (1982) (citado por Ryugo, 1993; Schechter, 1993; Arzani 1994). Dicha velocidad de crecimiento es útil cuando se pretende maximizar el entendimiento de los procesos de división y elongación celular en relación a las fases de crecimiento y la susceptibilidad de éstas con el medio ambiente (Schechter *et al.*, 1993).

$$VCF = (TF_2 - TF_1) / (T_2 - T_1)$$

Dónde: VCF = Velocidad de crecimiento de fruto (mm, g. o cm³.día⁻¹); TF₂ = Tamaño de fruto en un tiempo 2 (diámetro o longitud en mm, volumen en cm³, o peso fresco de fruto en g); TF₁ = Tamaño de fruto en el tiempo 1 (mm, cm³ o g); T₂ = Tiempo del último registro (lectura 2) en días; y T₁ = Tiempo del registro anterior al último (lectura 1).

Las unidades calor y el índice de cosecha también fueron determinados. Los datos meteorológicos necesarios para el calculo de unidades calor fueron registrados con ayuda de un Dataloger™, que estuvo monitoreando la temperatura al interior de la copa del árbol a intervalos de 30 min diariamente. El total de los datos fue promediado por día y la suma de todas las temperaturas promedio superiores a 6°C fue expresada como la cantidad de unidades calor requeridas para el crecimiento de fruto, de acuerdo con el método residual (Ortiz, 1987). Este parámetro se utilizó como un indicador de la fecha de corte, o sea, como la cantidad de temperatura acumulada medida en grados centígrados que necesita el fruto para completar su ciclo vegetativo. Dos acumulados de

temperatura fueron registrados, uno para los frutos que fueron etiquetados y medidos, y otro para la temporada completa de producción.

Así mismo, durante toda la etapa de crecimiento fue descrita la presencia de plagas que afectaron la vida precosecha y la calidad postcosecha del fruto. La identificación de plagas se realizó con el apoyo del Laboratorio de Entomología del Instituto de Ecología de la Ciudad de Xalapa, Veracruz. Los daños ocasionados y los hábitos de vida también fueron descritos.

3.2.3. Análisis estadístico

Los valores promedio de lecturas tomadas semanalmente para las variables de longitud y diámetro de fruto fueron graficados en función del tiempo, calculando la media y la desviación estándar. El programa estadístico de computo STATISTICA 6.1 fue utilizado para este propósito.

3.3. EXPERIMENTO 3. CAMBIOS FISICOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS RELACIONADOS CON EL PROCESO DE MADURACIÓN

Frutos de chinene en estado de madurez fisiológica, definida por los días transcurridos después del amarre de fruto (97 días), color de cáscara verde-brillante y firmeza al tacto, fueron cosechados el 15 julio de 2005, en el municipio de Huatusco, Veracruz, México. Los detalles de la localidad se exhiben en la sección 3.2.1. Para el experimento se seleccionó una muestra de 24 frutos libres de daños y defectos, los cuales se mantuvieron a una temperatura ambiente isoterma de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ durante siete días. Frutos de aguacate 'Hass' también fueron analizados como referencia comercial. Las variables evaluadas en cada fruto se describen a continuación.

3.3.1. Velocidad de respiración y producción de etileno

Se determinó por cromatografía de gases de acuerdo con el método estático (Saltveit y Yang, 1987) utilizando un cromatógrafo de gases Hewlett Packard™ 5890 Serie II, equipado con un detector de conductividad térmica (TCD) y un detector de ionización de flama (FID), con temperaturas horno, inyector y detector de 100° , 150° y 250°C respectivamente. Para esta determinación se hizo uso de tres repeticiones teniendo un fruto por repetición. Cada fruto individualmente fue colocado en un frasco de vidrio de 1 L y luego cerrado herméticamente por un periodo de 1.5 h durante el cual la acumulación de CO_2 y C_2H_4 en la atmósfera circundante al fruto o espacio de cabeza fue la suficientemente necesaria para ser extraída e inyectada al cromatógrafo sin saturar el sistema. Transcurrido el tiempo, con una jeringa equipada con un dispositivo de seguridad para evitar fuga de gases, se tomó una muestra de 1 mL del espacio de cabeza

y fue inyectada en el cromatógrafo. Las lecturas se realizaron cada 24 h y los resultados de velocidad respiratoria se exhiben como mL de $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ y los de producción de etileno en $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

3.3.2. Pérdida de peso en fruto

La velocidad de pérdida de peso del fruto fue calculada como el porcentaje de pérdida de peso diario del fruto con respecto al peso inicial. Los frutos fueron pesados individualmente cada día durante el periodo de maduración utilizando una balanza digital Sartorius™ BL 6100 con capacidad de 6.1 kg y margen de error de 0.1 g. La unidad experimental fue de un fruto con tres repeticiones.

3.3.3. Porcentaje de materia seca (% MS)

Para esta variable fueron tomados cada tercer día 10 g de pulpa por fruto, los cuales se colocaron en una estufa de secado Thelco™ ajustada a $100 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 h. Inmediatamente después se calculó el porcentaje de materia seca como:

$$\% \text{ MS} = (\text{peso inicial de la muestra} - \text{peso seco de muestra}) / \text{peso inicial de muestra} \times 100 \text{ (Caro, 1998)}.$$

3.3.4. Resistencia de la cáscara a la penetración (N)

Fue medida cada tercer día para evaluar el ablandamiento de fruto durante el proceso de maduración. Se utilizó un penetrómetro de mano marca Wagner™ modelo FDK 20 con punta cónica de 4 mm de espesor. Las lecturas directas del aparato se expresan en

kilogramos de fuerza (kgF) necesarios para penetrar la cáscara, este valor fue multiplicado por un factor de conversión para obtener la resistencia de la cáscara en Newtons (N) de la manera siguiente: $(\text{kgF}) \times 9.807 = \text{Newtons (N)}$.

3.3.5. Medición de color en cáscara y pulpa

Se realizó cada tercer día con ayuda de un colorímetro MiniScan™ XE Plus. Se utilizó el tipo de fuente iluminante estandarizada D65 -el cual se asemeja a la luz del día- y el ángulo de observador a 10°. La calibración fue realizada usando un estándar blanco y una trampa de luz. El color de piel y de pulpa fue expresado directamente por el aparato como coordenadas de color en el espacio tridimensional L^* , a^* , b^* establecido por la “Comisión Internationale d’Eclairage” (CIELAB). Estas coordenadas representan una escala arbitraria y no dan la mejor interpretación de la apariencia visual de color, por lo que los resultados se exhiben como el cálculo de la intensidad de luz ($L = \% \text{ de luz reflejada}$; donde 100% es completamente blanco y 0% es completamente negro); el ángulo de tono o matiz [representado en términos de $\text{Hue}^\circ = \arctan(b/a)$]; y la pureza, saturación o intensidad de color [representada como el valor de Croma = $(a^2 + b^2)^{1/2}$] (McGuire, 1992; MiniScan™ XE Plus, 1998). Los valores de L , Hue° y Croma, representan el promedio de tres lecturas por fruto marcadas en la zona basal, media y proximal.

3.3.6. Porcentaje de aceites totales (% AcT)

El contenido de aceites totales se determino siguiendo la metodología propuesta por Olaeta *et al.* (1999) modificada. Los análisis se realizaron cada tercer día por triplicado con un fruto como unidad experimental. Los detalles de las modificaciones a la metodología se presentan a continuación.

1. A cada fruto de manera independiente se le retiró la cáscara, se extrajo la pulpa y se homogenizó (macerado en forma de pasta).
2. De la pulpa homogenizada se tomó una muestra de 3 g que se colocó en un tubo de ensayo con tapa rosca de 70 mL. Se agregó 10 mL de cloroformo y se agitó la mezcla por 5 minutos a 250 rpm, en un agitador de movimiento oscilatorio Orbit Shaker™.
3. Posteriormente se agregaron 20 mL de metanol y se agitó la mezcla por otros 5 minutos.
4. Adicionalmente se añadió 10 mL de cloroformo para agitar el conjunto nuevamente por 5 minutos más.
5. La mezcla se centrifugó y se separó la fracción cloroformica con una pipeta y se colocó en un matraz balón de 125 mL previamente pesado. Al residuo contenido en el tubo se le añadieron 5 mL de cloroformo para recuperar así todo el aceite y añadirlo al balón.
6. La solución cloroformo-metanol fue eliminada en un rotavapor y se determinó el contenido de aceites totales por diferencia de peso.
7. $\% \text{ AcT} = (\text{peso del aceite extraído} / \text{peso inicial de la muestra}) \times 100$.

3.3.7. Porcentaje de fibra cruda (% FC)

La determinación de fibra cruda fue basada en la digestión ácida y alcalina de la muestra, método de Weende (citado por Sosa, 1989) y recomendada por la Secretaría de Economía a través del catalogo de normas mexicanas para la normatividad empresarial en la norma NMX-F-613-NORMEX-2003. La unidad experimental consistió en un fruto y cada determinación se repitió por triplicado.

Reactivos y Materiales:

- Digestor de fibra cruda
- Embudos Büchner con matraz tipo kitasato
- Matraz de 250 mL
- Equipo para filtrar con vacío
- Filtros de tela de 20 hilos por cm aprox.
- Papel filtro libre de cenizas (Hardened ashless, grades 540, marca Whatman™)
- Crisoles de porcelana
- Estufa de secado
- Desecador
- Balanza analítica
- Espátula y pinzas
- Pissetas
- Solución de ácido sulfúrico 0.225 N (12.5 g de H_2SO_4 aforados a 1 L de agua destilada)
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N (12.5 g de NaOH aforados a 1 L de agua destilada)

Procedimiento:

1. Pesar alrededor de 1 g de muestra libre de grasa o en su defecto, ésta no debe exceder el uno por ciento. Colocar la muestra en el matraz de 250 mL
2. Adicionar 200 mL de solución de ácido sulfúrico 0.225 N caliente (80°C).
3. Inmediatamente después colocar el matraz en el digestor de fibra cruda con la parrilla previamente calentada.
4. Dejar hervir vigorosamente durante 30 minutos, agitando ocasionalmente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes (El tiempo se empieza a contar al inicio de la ebullición franca).
5. Transcurridos los 30 minutos se retira el matraz.
6. Filtrar al vacío a través del filtro de tela en el embudo Büchner.
7. Enjuagar el matraz y filtro con agua destilada hirviendo tantas veces como sea necesario hasta que las aguas de lavado tengan un pH semejante al del agua destilada.
8. Transferir el residuo del filtro al matraz nuevamente usando la solución de NaOH 0.313 N caliente (80°C) contenida en una piseta. Cuando todo el material haya sido transferido al matraz, éste se afora con la misma solución de hidróxido de sodio 0.313 N a 200 mL.
9. Hervir nuevamente durante 30 minutos.
10. Transcurrido el tiempo se retira el matraz y se aplica nuevamente el filtrado al vacío pero ahora con el papel filtro libre de cenizas y previamente pesado.
11. Lavar con agua destilada hasta que las aguas de lavado adquieran un pH semejante al del agua destilada.
12. Transferir el residuo junto con el papel filtro a un crisol previamente pesado a

masa constante y secar a 130°C durante 2 h.

13. Enfriar en el desecador y pesar.

14. Incinerar entre 500° y 550°C durante dos horas ó hasta obtener cenizas blancas (no es recomendable sobrepasar los 550°C porque el vidrio funde pocos grados arriba).

15. Permitir el enfriamiento gradual y lento dentro del incinerador el tiempo que sea requerido (normalmente alrededor de 12 h.).

16. Un vez que la temperatura baja hasta 60°C es posible retirar el crisol con ayuda de pinzas y se deja enfriar a temperatura ambiente dentro de un desecador durante 20 minutos aprox.

Cálculos:

$$FC + C = (PP + FC + C) - PP$$

$$g \text{ de } C = (PC + C) - PC$$

$$g \text{ de } FC = (FC + C) - C$$

$$\% \text{ FCBS} = (g \text{ de } FC / g \text{ de MBSD}) * 100$$

Donde:

FC = Fibra cruda

C = Cenizas

PC = Peso de crisol a masa constante

PP = Peso del papel filtro libre de cenizas

% FCBS = Por ciento de fibra cruda en base seca

MBSD = Muestra en base seca y desgrasada

3.3.8. Análisis estadístico

Los valores de todas las variables señaladas anteriormente se graficaron en función del tiempo de muestreo calculando la media y la desviación estándar. La unidad experimental consistió en un fruto con tres repeticiones y las variables fueron analizadas estadísticamente con un análisis de varianza (diseño completamente al azar) y una prueba de comparación de medias Duncan ($p \leq 0.05$) utilizando el comando "proc glm" y la opción "means var / Duncan" del programa de computo "SAS V.8" (Rebolledo, 2002). Las lecturas fueron tomadas cada 48 horas excepto para las variables intensidad respiratoria, producción de etileno y pérdida de agua del fruto cuyas lecturas se realizaron diariamente.

3.4. EXPERIMENTO 4. FRIGOCONSERVACIÓN DE FRUTOS

3.4.1. Material vegetal y zona de estudio.

Un total de 108 frutos de chinene en estado de madurez fisiológica libres de daños y defectos, cosechados el 15 de julio de 2005, en el municipio de Huatusco, Veracruz, México fueron trasladados al laboratorio de Fisiología Postcosecha de la Unidad de Desarrollo de Alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz y colocados en cámaras de refrigeración en un lapso de tiempo no mayor de 12 horas posteriores a su cosecha. Los detalles de la localidad de colecta son los mismos señalados en la sección 3.2.1.

3.4.2. Análisis estadístico y variables evaluadas

El trabajo de investigación se realizó en laboratorio donde se evaluó la respuesta de los frutos de chinene sometidos a tres temperaturas de enfriamiento (6° , 10° y 15°C) para alargar la vida de almacén, durante periodos de 7, 14 y 21 días para cada temperatura (Semanas 1, 2 y 3). Transcurrido cada periodo de enfriamiento, los frutos continuaron el proceso de maduración a temperatura ambiente ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ isotérmica) durante siete días. Se evaluó la velocidad de respiración ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), pérdida de agua (%), materia seca (%), resistencia de la cáscara a la penetración (N), cambio de color en cáscara y pulpa, aceites totales (%) y fibra cruda (%). Las mismas especificaciones metodológicas mencionadas en el experimento 3 fueron empleadas para la obtención de dichas variables. Las lecturas fueron tomadas los días 1, 3, 5 y 7 después de cada periodo de refrigeración, excepto

para la intensidad respiratoria, producción de etileno y pérdida de agua, que fueron medidas diariamente.

El análisis estadístico correspondió a un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3x3x4 (3 temperaturas: 6°, 10° y 15°C; 3 periodos de almacenamiento: 7, 14, y 21 días; y 4 lecturas durante la maduración a temperatura ambiente: 1, 3, 5, y 7 días), utilizando la prueba de comparación de medias de Duncan a un nivel de probabilidad $P \leq 0.05$. Los datos fueron analizados con ayuda del programa estadístico de cómputo SAS V.8 y se usó el procedimiento "proc glm" y la opción "means".

3.5. EXPERIMENTO 5. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN PULPA DEL FRUTO

3.5.1. Derivatización de los ácidos grasos del aceite de chinene

Después de la extracción de aceites totales (como se señaló en el apartado 3.3.6.) de los frutos de chinene utilizados en los experimentos 3 y 4 (132 frutos en total), al residuo contenido en el matraz balón (lípidos totales) se le agregó de 2 a 3 mL de hexano para extraer el aceite con una pipeta Pasteur y trasladarlo a un Vacutainer™, el cual fue cerrado herméticamente bajo previo barrido de gases con nitrógeno industrial de alta pureza para evitar la presencia de oxígeno dentro del contenedor. Inmediatamente después cada muestra fue congelada a -20°C durante un periodo de 30 días para su posterior análisis.

Después de retirar la muestra del congelador, ésta fue mantenida a temperatura ambiente durante aproximadamente 20-30 minutos para su descongelamiento. El hexano fue eliminado por arrastre de nitrógeno e inmediatamente se procedió a realizar la derivatización y cuantificación de ácidos grasos aplicando la metodología propuesta por Ortega *et al.* (2004) modificada, la cual se describe a continuación.

1. De la muestra de aceites totales obtenida se toman 100 µL y se le añaden 1400 µL (1.4 mL) de solución cloroformo-metanol (2:1 v/v). Esto es con la intención de evitar la solidificación de los metil-ésteres.
2. Mezclar de manera independiente en un tubo de ensaye 1 mL de ácido clorhídrico metanólico 0.2 N (metanol-HCl 0.2). Comercialmente es común que éste reactivo

tenga una concentración 3 N, por lo que es necesario rebajarlo -si es el caso- mediante la mezcla de (933 μ L de metanol + 67 μ L de HCl metanólico 3 N) = 1 mL HCl-metanólico 0.2N

3. Una vez obtenido un mL de HCl metanólico 0.2 N en un tubo de ensaye, a éste se le añaden 100 μ L de la muestra previamente diluida en los 1400 μ L de la solución cloroformo-metanol (paso 1).
4. Realizada la mezcla, la llevamos a reacción a 60°C durante 4 horas. A esta reacción se le denomina reacción de derivatización y es el punto en el cual cada ácido graso se transforma en el metil-éster correspondiente.
5. Transcurrido el tiempo de la derivatización debe retirarse la muestra del calor y es necesario añadir 200 μ L de agua destilada para detener la reacción.
6. Una vez detenida la reacción se debe añadir 2 mL de hexano para extraer los metil-ésteres. Agitar durante 15 segundos. Permitir el reposo de la muestra durante algunos minutos hasta que se forme un sistema de dos fases.
7. Extraer la fase superior con ayuda de una pipeta Pasteur y colocarla en otro tubo de ensaye.
8. Añadir 0.5 g aproximadamente de Sulfato de Sodio Anhidro para eliminar cualquier residuo de agua o humedad.
9. Centrifugar a 4000*G por 5 minutos, extraer el líquido e inyectar al cromatógrafo.

3.5.2. Determinación de la concentración de ácidos grasos por cromatografía de gases

El análisis de ácidos grasos fue conducido por cromatografía de gases siguiendo el método de Chin *et al* citados por Ortega *et al* (2004): 1 μ L del extracto de metil-ésteres fue inyectado dentro de un cromatógrafo Hewlett Packard™ modelo 6890 Serie GC System Plus con inyector automático integrado Serie 7683 Agilent™ con capacidad para 100 muestras. El programa de temperatura fue isotérmico, con temperaturas de horno a 175°C acoplado a un detector de ionización de flama (FID) a 230°C, Inyector a 200 °C. Se usó una columna capilar Supelco™ SP-2560 de 100 m x 0.25 mm de diámetro interno y espesor de película de 0.20 mm con fase estacionaria no ligada “bis-cianopropil polisiloxano”.

Todos los resultados se exhiben como % del ácido graso calculado en base a la integración del área bajo la curva, con relación a la curva tipo de una muestra estándar de cada ácido graso de alta pureza (99,9 %).

3.5.3. Análisis estadístico y arreglo de tratamientos

Con la intención de estudiar las diferencias entre tratamientos con múltiples variables que pueden ser substancialmente diferentes una de otras, un análisis de varianza multivariado (MANOVA) fue requerido (Cruz-Castillo *et al.*, 1999). Los procedimientos “proc glm” y la opción “manova” del programa estadístico de computo SAS V.8 fueron utilizados. Así mismo y dado que el MANOVA no proporciona información sobre la relación entre las diferentes variables estudiadas, un análisis canónico discriminante

(ACD) fue requerido para identificar las diferencias dentro de grupos de tratamientos y mejorar el entendimiento de las relaciones entre variables medidas sobre esos grupos (Cruz-Castillo *et al.*, 1994). El procedimiento "proc candisc" del programa SAS V.8 fue utilizado. Para los fines de ambos análisis se estudiaron tres factores con cuatro niveles de variación cada uno: a) Día de extracción de aceite y derivatización de ácido graso durante la maduración a temperatura ambiente (días 1, 3, 5 y 7); b) Temperatura de almacenamiento (6°, 10°, 15° y testigos a 25°C); y c) Periodo de enfriamiento (0, 7, 14 y 21 días o semana 0, 1, 2 y 3). Y como variables se evaluaron las concentraciones de los ácidos grasos palmítico, palmitoléico, esteárico, oleico, linoléico y linolénico. Frutos de aguacate 'Hass' también fueron evaluados considerados como referencia comercial. La agrupación de los tratamientos se estableció como sigue:

- | | |
|---------------|--|
| 1.- HASS | = Aguacate Hass a 25±2°C durante 7 días, semana cero. |
| 2.- SEM-0-25 | = Chinenes Testigo a 25±2°C durante 7 días, semana cero. |
| 3.- SEM-1-6 | = Chinenes almacenados a 6°C durante una semana. |
| 4.- SEM-1-10 | = Chinenes almacenados a 10°C durante una semana. |
| 5.- SEM-1-15 | = Chinenes almacenados a 15°C durante una semana. |
| 6.- SEM-2-6 | = Chinenes almacenados a 6°C durante das semanas. |
| 7.- SEM-2-10 | = Chinenes almacenados a 10°C durante das semanas. |
| 8.- SEM-2-15 | = Chinenes almacenados a 15°C durante das semanas. |
| 9.- SEM-3-6 | = Chinenes almacenados a 6°C durante tres semanas. |
| 10.- SEM-3-10 | = Chinenes almacenados a 10°C durante tres semanas. |
| 11.- SEM-3-15 | = Chinenes almacenados a 15°C durante tres semanas. |

3.6. EXPERIMENTO 6. PATÓGENOS QUE AFECTAN LA VIDA POSTCOSECHA DEL CHINENE

Para fines de la identificación y diagnóstico de las principales agentes causantes de enfermedades en postcosecha del chinene, se mantuvieron en estrecha observación los frutos empleados en los experimentos 3 y 4 (Sección 3.3 y 3.4). Dada la inexistencia de información patológica relacionada con los frutos de chinene, no se aplicó ningún tratamiento que pudiese prevenir el ataque de hongos fitopatógenos durante el desarrollo de dichos experimentos. No obstante, las tres cámaras de enfriamiento empleadas para cada una de las temperaturas (6°, 10° y 15°C) y el cuarto de maduración a temperatura ambiente (25±2°C) sí fueron previamente lavados con agua clorada y posteriormente tratados con benceno para evitar riesgos de contaminación por hongos fitopatógenos. Esto se hizo con la intención de identificar los hongos que provienen de campo y describir la sintomatología y el daño que causan al fruto.

3.5.2. Procedimientos y observaciones

Se llevó a cabo la descripción de la sintomatología de enfermedades y se evaluó el efecto que tienen los hongos fitopatógenos en los frutos de chinene durante el periodo de maduración y la vida de almacén en las cámaras de frigoconservación (6°, 10° y 15°C). Los aislamientos de hongos fueron realizados en medios de cultivos PDA para la identificación de géneros en el laboratorio de Fisiología Postcosecha del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Ningún análisis estadístico fue aplicado, por lo que los resultados se reportan como observaciones de las enfermedades causales de la pérdida de calidad durante la postcosecha de los frutos de chinene.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EXPERIMENTO 1. EXPLORACIÓN FRUTÍCOLA DEL CHINENE (*Persea schiedeana* Nees)

En el Cuadro 2 se presentan los valores medios, mínimos, máximos y la desviación estándar para cada variable medida en un total de 180 frutos. Se obtuvieron 13 componentes principales (CP's) que acumularon el 100% de la variabilidad y de ellos, solo cuatro CP's alcanzaron eigenvalores superiores a 1.0 que explicaron el 72.52% del total de la variación en los datos y de acuerdo con Manly (1986) solo estos CP's serán usados para el análisis. Cada eigenvalor indicó el porcentaje individual y acumulado de la variabilidad que integra cada uno de los componentes obtenidos, así, el primer componente (CP1) exhibió el 41.34% de variación, el CP2 incluye el 12.84% y los CP3 y CP4 presentan el 9.9% y 8.4% respectivamente de la variabilidad total entre componentes. Sin embargo, los dos primeros CP's acumularon el 54% de la variación por los que éstos serán considerados preferentemente para la descripción e ilustración gráfica de los resultados. En el Cuadro 3 se exhiben los cuatro CP's de interés arrojados por el análisis de los componentes principales de los datos de frutos de chinene.

Cuadro 2. Promedios de las variables medidas en 180 frutos de chinene.

VARIABLE	MEDIA	DESV. EST.	MIN.	MAX.
Peso de fruto	201.13 g	62.34	94.24 g	487.32 g
Diámetro proximal	25.82 mm	4.13	15.67 mm	38.96 mm
Diámetro ecuatorial	43.75 mm	6.41	32.13 mm	91.97 mm
Diámetro distal	57.14 mm	6.57	43.08 mm	81.39 mm
Longitud de fruto	113.14 mm	41.98	27.02 mm	195.00 mm
Peso de semilla	47.60 g	37.7	4.67 g	217.41 g
Espesor de la pulpa	10.00 mm	13.59	3.93 mm	187.00 mm
Peso de pulpa	91.37 g	33.39	34.05 g	227.00 g
Peso de cáscara	42.43 g	12.96	16.87 g	88.89 mm
Espesor de cáscara	2.14 mm	0.58	0.09 mm	3.76 mm
Diámetro ecuatorial de semilla	39.83 mm	6.53	16.53 mm	62.63 mm
Longitud de semilla	90.39 mm	19.66	11.25 mm	150.74 mm

El CP1 tuvo valores altos positivos para la mayoría de las variables relacionadas con el peso, así como para la longitud del fruto y diámetro distal de fruto, lo que significa que en este componente se agrupan los frutos más pesados y de tamaño relativamente grande. Así, los chinenes de éste conjunto están directamente asociados con la mayor longitud y diámetro distal de fruto que les otorga una apariencia visual del tipo “cuello de botella”, así mismo, el elevado peso general o total está directamente relacionado en orden de importancia, con un alto peso de pulpa, cáscara y semilla. Estos resultados coinciden con los de Joaquín (2006) quien caracterizó frutos de chinene en la región de Los Tuxtlas, Veracruz usando el análisis de componentes principales, donde el primer componente agrupó a los frutos de mayor tamaño y con peso promedio alrededor de

346g, de los cuales el 41% correspondió al peso de la pulpa y el 35% al peso de la semilla.

Cuadro 3. Eigenvectores de los cuatro componentes principales (CP's). Los eigenvalores y el por ciento de la variación explicada también es mostrado.

VARIABLE	CP1	CP2	CP3	CP4
Color	-0.1381	0.3165	- 0.0346	- 0.5616
Peso de fruto	0.4042	0.1629	- 0.0627	- 0.0127
Diámetro proximal	0.1716	0.4101	0.5767	0.0012
Diámetro medio	0.2687	0.1329	0.1554	0.1133
Diámetro distal	0.3761	0.0977	- 0.2184	0.0140
Longitud de fruto	0.3007	- 0.3685	0.1464	- 0.0625
Peso de semilla	0.3095	- 0.3739	- 0.1766	- 0.0192
Espesor de pulpa	- 0.0287	0.1583	- 0.1398	0.7947
Peso de pulpa	0.3589	0.2322	0.1415	0.0550
Peso de cáscara	0.3452	- 0.0602	0.2013	- 0.0459
Espesor de cáscara	0.0829	- 0.5455	0.3417	- 0.0215
Diámetro medio de semilla	0.2736	0.0461	- 0.5771	- 0.1411
Longitud de semilla	0.2452	0.1404	- 0.0876	- 1.000
Eigenvalores	5.32	1.62	1.17	1.04
% de la variación explicada	41.34	12.84	9.9	8.4
% de la variación acumulada	41.34	54.19	64.09	72.52

Por las características inherentes a este grupo (CP1), se le puede considerar como el que presenta los mejores atributos de apariencia y la mayor similitud a algunas de las principales variedades de aguacates comerciales como el 'Hass' y 'Fuerte'. Esto representa una oportunidad de aceptación comercial por parte de los consumidores no solo de las regiones rurales donde ya es aceptado, sino también en mercados más distantes y exigentes con niveles de competitividad elevados en relación a otras frutas.

En el segundo componente se exhibieron los valores más negativos para el espesor de la cáscara. Tanto el color como el diámetro proximal alcanzaron los valores más altos. Estas características correspondieron a frutos de color verde con un diámetro proximal grande, del tipo ovoide y sin cuello, de semilla poco pesada, con poca pulpa y de cáscara delgada. Nuevamente estos resultados coinciden parcialmente con los resultados descritos en el CP2 por Joaquín (2006) al caracterizar frutos de chinenes de forma ovada-angosta, en la que se pierde la apreciación del "cuello de botella" y frutos principalmente de color verde, aunque también introduce el color morado en tales resultados. En la Figura 1 se ilustra la dispersión de los datos de los dos componentes principales que aportaron la mayor variabilidad (CP1 y CP2).

En el tercer componente se agruparon chinenes de elevado diámetro proximal, con cáscara gruesa y con reducido diámetro de semilla, por lo que presentan una apariencia del tipo redondeada, sin cuello y con poca pulpa en general. En lo que respecta al CP4, la variación en este grupo de frutos estuvo mayormente influenciada por una pulpa abundante y el color de cáscara café, de forma tipo periforme-ovoide. En la Imagen 1 se presenta la diversidad frutícola de los chinenes en la región de Huatusco.

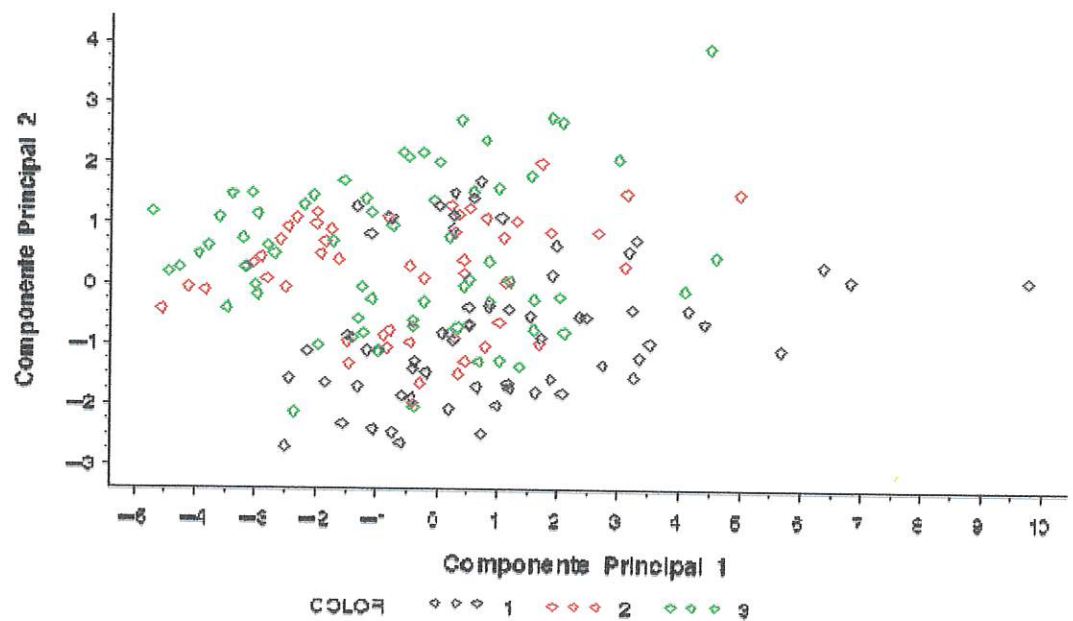


Figura 1. Representación gráfica de los dos componentes principales que aportaron la mayor variabilidad en el conjunto de datos. El color de los frutos también es presentado donde: 1 = Café; 2 = Negro; 3 = Verde.



Imagen 1. Diversidad frutícola de chinenes en la región de Huatusco, Veracruz.

Los resultados sugieren que el tamaño, la forma y el color de fruto representan los criterios de clasificación principal para la caracterización de frutos de chinenes. Sin embargo, debe discernirse que no todos los tipos de colores de fruto corresponden fielmente con los atributos de calidad y aunque los chinenes con tipo de cáscara color café representan a los frutos con mayor cantidad de pulpa, éstos se agruparon en el componente principal que obtuvo la menor variabilidad (CP4) de los cuatro evaluados, además de que el espesor su pulpa no correspondió con el mayor peso de pulpa exhibido por los chinenes clasificados en el CP1. Por tal razón, no es muy recomendable usar el color de la cáscara (exocarpio) como un criterio de clasificación definitivo ya que no expresa la mejor relación con los atributos inherentes al fruto y deseables por el consumidor, por otra parte, el color tiende a cambiar durante el proceso de maduración y puede influir de manera diferente en la percepción visual del evaluador, no obstante el tamaño y la forma del fruto podrían ser parámetros más adecuados para éste propósito ya que estos no cambian una vez finalizado el proceso de crecimiento del fruto.

Aunado a lo anterior y en comparación con los resultados reportados por Joaquín (2006) para la región de Los Tuxtlas, Veracruz, los frutos de chinene de Huatusco fueron similares en sus atributos de peso, tamaño, forma y color, sin embargo, son mucho menores en comparación con los resultados reportados por Itié (1918) para los mismo atributos (Cuadro 1). Sin embargo, estos se encuentran dentro de los rangos de peso de 170 a 900g reportados para Guatemala por Pepenoe (1919), Schieber y Zentmayer (1977); así como los descritos por Sánchez (1999) en el centro-sur de México que fluctúan entre 116 y 522g.

Por otra parte, la importancia de la caracterización frutícola en chinenes radica principalmente en poder identificar características que permitan ejemplificar y definir claramente, cuales serán los atributos generales ideales que se desean de un fruto en particular, dentro de futuros programas de mejoramiento genético. Al respecto, existen trabajos como el de Campos-Rojas (2004) en donde intenta plasmar ideas de las características que busca conjuntar en un genotipo de aguacate ideal mediante la genotécnia aplicadas tanto al árbol como al fruto. A este último, el autor lo idealiza como una fruta de apariencia externa atractiva, haciendo énfasis en la uniformidad del color, así como cáscara de mayor grosor pero sin que ésta sea quebradiza, flexible y de fácil desprendimiento, que le confiera mayor resistencia al manejo postcosecha y que a la vez el consumidor pueda detectar al tacto su madurez de consumo. Aunque el autor prefiere formas ovaladas en aguacate para facilitar el manejo en empaque, ya ha quedado demostrado que esta es una característica que no se cumple, al menos, para los chinene que presentaron los mejores atributos deseables para el consumidor. Es posible que en futuras investigaciones, donde se amplíe el tamaño de muestra y las localidades de colecta, incluyendo varios municipios y estados de la república, se logre encontrar una selección de alguno de los tipos de fruto que, a medida de lo que sea posible, se aproxime a las consideraciones ideales mencionadas.

4.2. EXPERIMENTO 2. CRECIMIENTO DE LOS FRUTOS DE CHINENE

4.2.1. Patrón de crecimiento de fruto

Poco después de que inicia el evento de floración (primeros días de febrero de 2005 para el municipio de Huatusco), el cuajado o amarre de fruto toma lugar y después se presenta el desarrollo de sus diferentes partes. Este es un proceso importante porque influye en la productividad del árbol y define varios aspectos de la calidad comercial del producto.

Se sabe que un árbol puede llegar a tener un cuajado inicial alto, pero después puede haber intensa caída de frutos con lo cual se termina en un cuajado bajo al final de ciclo. Este es el caso del chinene. Se estima que un millón de flores es el número típico para un árbol adulto de aguacate y de ellas solo se presenta un amarre de fruto que va del 0.02% al 0.1% (Téliz, 2000). Este valor aun no ha sido determinado específicamente para la floración y el amarre de fruto en chinene. Sin embargo, los resultados de las lecturas tomadas durante el ciclo productivo 2005 indican que si existió una pérdida de frutos entre el periodo de amarre (cantidad de frutos etiquetados al 15-Abril) y la cosecha (cantidad de frutos con etiqueta cosechados al 15-Julio), equivalente a un aborto de frutos del 90%. Así, de 300 frutos etiquetados en cinco árboles de chinene solo 31 completaron su desarrollo y fueron cosechados. Es preciso aclarar que éste valor puede estar bastante sobrestimado con respecto al total de abortos en la copa del árbol, puesto que no se consideró el etiquetado de frutos desde el sentido estricto de la definición de cuajado de fruto (de acuerdo con Díaz (2002) inicia con la polinización y culmina con el

crecimiento del ovario), sino solo hasta que éstos acumularon una semana de desarrollo aproximadamente.

De acuerdo con Watada *et al.* (1984), el crecimiento del fruto será definido como el aumento cuantitativo irreversible en los atributos físicos a través del tiempo y que se puede expresar en peso, volumen, diámetro, longitud, etc. Este tipo de crecimiento ya se ha caracterizado en la mayoría de los frutos comercializados, y para ellos se han definido distintos patrones que se clasifican como simple sigmoide, doble o triple sigmoide (Ryugo, 1993; Schechter *et al.*, 1993; Díaz, 2002).

Los resultados revelaron que el fruto de chinene correspondió con el patrón de crecimiento simple sigmoide (Figura 2), el cual se identificó por una tasa o velocidad de crecimiento acumulada que presentó una actividad inicial alta, la cual mostró cambios significativos constantes en la velocidad de crecimiento entre lecturas, marcando un aumento rápido y progresivo en la longitud y diámetro hasta alrededor de los 91 días después del amarre de fruto (DDAF). De acuerdo con la Figura 2-A, este crecimiento acelerado disminuyó alrededor del día 84 DDAF y 91 DDAF, para la variable longitud y diámetro respectivamente.

La curva simple sigmoide que se observa en la Figura 2-A es el resultado de la medición progresiva y acumulada del crecimiento y expresa el cambio neto en la longitud y el diámetro por unidad de tiempo. En la Figura 2-B se muestra la velocidad de crecimiento diario de frutos de chinene. Dicha curva puede maximizar diferencias entre fases de crecimiento y proporcionar mayor información respecto a la susceptibilidad de

éstas por la manipulación del medio ambiente y es calculada por la diferencia entre dos periodos específicos y expresada en mm.día^{-1} (Ryugo, 1993; Díaz, 2002).

La velocidad de crecimiento aumento dramáticamente durante los primeros días de desarrollo (0-21 DDAF), seguido por una ligera disminución (28 DDAF) para después continuar acelerando, hasta alcanzar cierta estabilización en la velocidad de crecimiento en los días subsecuentes (42-97 DDAF). Este comportamiento puede explicarse de varias formas. Primero, el aumento de la velocidad de crecimiento puede atribuirse a la división y elongación celular en los periodos iniciales de fruto (Ryugo, 1993; Schechter *et al.*, 1993; Díaz, 2002). La ligera disminución señalada anteriormente pudo ser efecto, entre otros factores, del numero de frutos por árbol (Arzani, 1994) que con el transcurso del periodo de crecimiento empezó a limitar el abastecimiento de reservas provenientes de ramas, troncos y raíces. Inicialmente el número de frutos en los árboles de chinene fue alto, y de acuerdo con Ryugo (1993) si la demanda de reservas es elevada antes de que se formen suficientes hojas en la copa del árbol, el crecimiento se ve reducido. El mismo autor añade que si hay un elevado amarre de frutos cuando los alimentos de reserva son limitados, la división celular en el pericarpio también cesa temprano limitando el crecimiento potencial posterior. Otros factores que limitan el crecimiento de fruto reportados en la bibliografía son el número de células por fruto, la proporción hoja-fruto, época de maduración, formación de semilla y distribución, la genética misma de la planta, la actividad hormonal y los factores ambientales, entre otros (Ryugo, 1993; Schechter *et al.*, 1993; Arzani, 1994; Díaz, 2002).

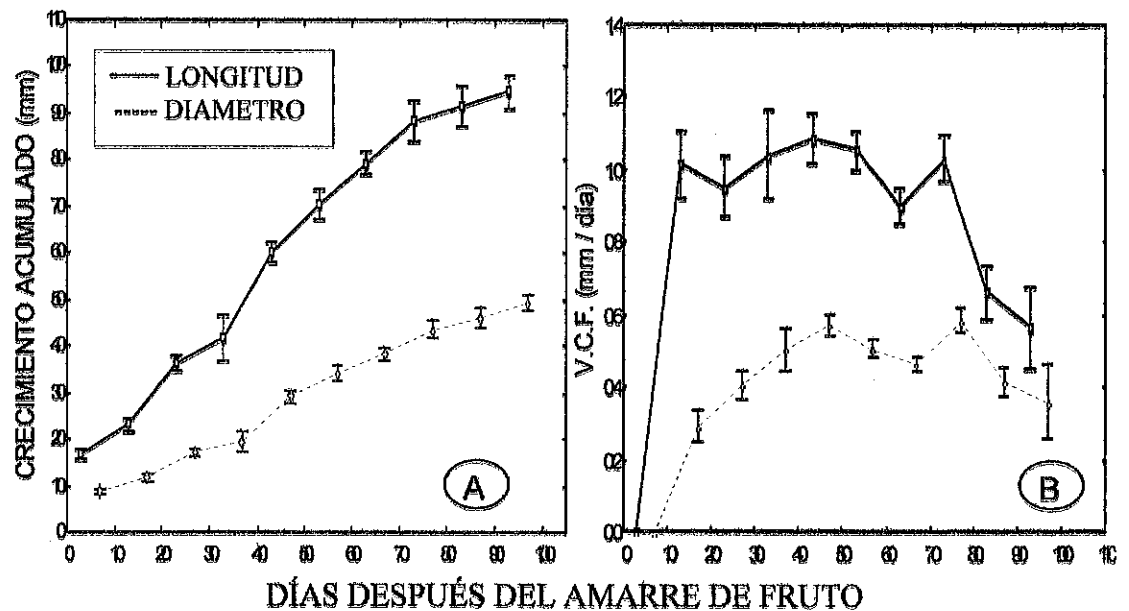


Figura 2. Curvas de crecimiento de los frutos de chinene. A) Crecimiento acumulativo semanal de fruto; B) Velocidad de crecimiento diario de fruto (V.C.F.) en $\text{mm} \cdot \text{día}^{-1}$ (Medias ± 0.05 E.E.).

La segunda causa que afectó posiblemente la distribución del crecimiento en la curva puede ser atribuida a la influencia ambiental inherente a la zona de estudio. Para comprobar esta hipótesis, se revisó la bitácora del registro diario meteorológico del Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado a escasos kilómetros de la ciudad de Huatusco. Durante toda la estación de crecimiento dos únicos días fueron reportados con lluvias torrenciales y granizo, con fecha correspondiente al 30 y 31 de mayo. Ésta fecha dentro de las gráficas de crecimiento toma sitio exactamente en los 42 y 43 DDAF, pocos días antes del incremento en la tasa de crecimiento de fruto. Por otra parte, de acuerdo a las anotaciones de campo el porcentaje de frutos etiquetados perdidos entre las lecturas tomadas el día 42 y el día 49

DDAF fue de un 25% y es probable que el efecto de la granizada sobre el total de frutos en la copa del árbol haya sido de igual o mayor magnitud. Éste evento representó una mayor disposición de reservas para los frutos que permanecieron unidos al árbol, reflejado en aceleración y estabilización de la velocidad de crecimiento registrada en los días subsecuentes hasta la cosecha (de 49 a 97 DDAF). Por último, la disminución en la velocidad de crecimiento entre los días 84 y 97 DDAF es indicador de que el crecimiento del fruto empieza a detenerse y que más cambios físicos a partir de ese momento ya no son probables, por lo que se abre paso a otros procesos fisiológicos, es decir, este corto periodo representa la fase de transición entre el crecimiento de fruto y el punto de madurez fisiológica.

4.2.3. Determinación de unidades calor y establecimiento del índice de cosecha

De los dos tipos de índices considerados en la presente investigación el primero involucró la temperatura, la cual fue determinante en el desarrollo fenológico de los frutos de chinene. Al respecto, no se encontró información en la literatura para frutos de chinene. Sin embargo, como cualquier otro fruto tropical, el chinene para su desarrollo debe consumir o acumular determinada cantidad de temperatura medida en grados.día^{-1} o unidades térmicas. De aquí se define la “constante térmica” como la cantidad de calor que necesita una especie vegetal para completar su ciclo o una parte de él, y que debe ser cubierta en diferentes periodos de tiempo dependiendo de los regímenes térmicos que se presenten (Reyes y Saavedra, 1993).

En relación a lo anterior, para la zona de Huatusco, Veracruz se registraron dos acumulados de temperatura y en ambos casos la fecha de inicio de registro fue datada al 15 de abril de 2005, que correspondió al momento de etiquetado de frutos e inicio de lecturas del patrón de crecimiento de fruto. El primer acumulado de temperaturas tuvo una duración de 97 días y se registró un total de 1635.11 unidades calor, este periodo es equivalente a la fase de evaluación del crecimiento de frutos etiquetados la cual concluyó el 15 de julio de 2005. Esto fue antes de la madurez fisiológica de los frutos. El segundo acumulado representa el total de la temporada de producción de fruta en la región, involucrando los diferentes momentos de amarre de fruto, crecimiento y madurez entre el total de la producción de frutos en el árbol, que para el año en cuestión se extendió hasta los primeros días de septiembre sumando aproximadamente 135 días y 2560 unidades calor totales, pudiendo variar significativamente este último dato ya que en años anteriores se ha evidenciado que la estación de fructificación ha concluido alrededor de la primera mitad del mes de agosto con fechas de amarre de fruto adelantadas entre los meses de febrero-marzo. En base a estos resultados se puede concluir que en la región de Huatusco y a partir de que ocurre el amarre de frutos, éstos requieren de aproximadamente 1635 unidades calor para alcanzar su madurez fisiológica, y que durante toda la temporada de fructificación en la zona se logra alcanzar un acumulado aproximado de 2500 unidades de calor que puede variar dependiendo de la duración de la estación.

En consideración con lo antes mencionado, y bajo la premisa de que para algunos cultivares de ciertas especies se ha definido la cantidad de calor o unidades calor que requiere su desarrollo desde la flor hasta la maduración del fruto (Reyes y Saavedra,

1993), y dado que en esta investigación solo se consideró el periodo de crecimiento de fruto, es recomendable ampliar este rango y que se considere también el periodo de floración. Por otra parte, el acumulado de las temperaturas promedio diarias solo correspondió al municipio de Huatusco, Veracruz, así que también se deberá ampliar el área de estudio y evaluar las unidades calor necesarias en cada uno de esos ambientes antes de establecerlas como índice de cosecha definitivo.

El segundo índice de madurez es el cronológico, y también se cuantificó en relación con el crecimiento del fruto. De acuerdo con la comparación de medias por la prueba de Duncan ($P \leq 0.0001$) existieron pocas o nulas diferencias significativas en el crecimiento de fruto entre los 84 y 97 DDAF, lo cual sugiere que en éste momento se ha alcanzado el máximo crecimiento y que puede establecerse como índice de corte no destructivo para chinenes. Por otra parte, el hecho de que se detenga el crecimiento del fruto (Figura 2-A) significa que éste se ha completado y que otros procesos fisiológicos continuarán el desarrollo, por lo que éste momento puede ser considerado como el punto de madurez fisiológica en chinenes que deberá ser corroborado en otros estudios. De acuerdo con Pritts y Luby (1990) para lograr la estabilidad y credibilidad de un índice se debe considerar que: a) los índices son frecuentemente inconstantes año con año; b) pierden su valor de predicción fuera del rango de ambientes donde fue establecido; c) la estabilidad en un año no necesariamente esta relacionada con la estabilidad de los componentes del rendimiento; entre otras.

Aunado a lo anterior, también debe considerarse que estos resultados solo exploran los atributos físicos sin relacionarlos con ningún parámetro fisiológico o bioquímico. Por

ejemplo, para varios cultivares de aguacate se han establecido parámetros de madurez mínima, que se están usando oficialmente por varios países en la actualidad como índices de cosecha. Los dos criterios utilizados para tales propósitos son el contenido de aceites totales y el porcentaje de materia seca (Brown, 1983; Lee *et al.*, 1983; López, 1991). Además, es recomendable que en futuras investigaciones se relacionen estos parámetros con los de crecimiento de fruto y la cronología del desarrollo en general, de tal suerte que sea posible identificar el tiempo de corte que mejor se ajuste a los requerimientos de madurez mínima de cosecha que para aguacate corresponden al 8% de aceites totales y 21% de materia seca (Brown, 1983; Lee *et al.*, 1983; Hofman *et al.*, 2002).

Esto último es importante en el comercio de frutas porque permite establecer normas o regulaciones a la comercialización que frecuentemente incluyen una declaración del mínimo de madurez aceptable de un producto; los índices de cosecha también permiten establecer estrategias de mercadeo para aprovechar los mejores precios en las etapas de poca oferta de un hortofrutícola; y por último, la eficiencia en el uso de recursos y de aplicación de labores de cultivo también se ve beneficiada porque los índices permiten a los productores planificar o predecir la probabilidad del inicio de la fecha de corte (Kader, 2002).

4.2.4. El barrenador grande del hueso del aguacate: una plaga potencial que afecta el desarrollo y la producción de los frutos.

Durante el periodo de desarrollo de evaluación del crecimiento de fruto el factor que más afectó, mermando tanto el rendimiento del árbol como la calidad de la fruta, incluso más que los efectos del ambiente como la lluvia, el viento o granizo fue el ataque de plagas. En la región de Huatusco se presentan algunas de las plagas que afectan al cultivo del aguacate, tanto al árbol como al fruto.

En relación al fruto una de ellas es la más importante en chinene, el barrenador grande del hueso del aguacate. La literatura reporta dos tipos de barrenadores de hueso que son los que representan el principal obstáculo para la comercialización del fruto de aguacate hacia los Estados Unidos, por lo que se les ha denominado como especies cuarentenarias: uno de ellos es *Conotrachelus perseae* Barber (picudo pequeño) y el otro es *Heilipus lauri* Bohemann (picudo grande), ambos son coleópteros y por sus hábitos alimenticios y por las dificultades que presenta su combate causan graves daños al cultivo (Solares, 1981; Salgado y Bautista, 1993; Téliz, 2002).

En el chinene, el ataque por barrenadores inicia desde los primeros días DDAF ocasionando el aborto del fruto afectado. No se observó una etapa de mayor incidencia de plaga debido a que el ataque persiste durante todo el ciclo de desarrollo de fruto. Sin embargo, el momento más crítico en el que el barrenador indujo el mayor número de abortos fue cuando los frutos promediaron una longitud de 1 a 5 cm y diámetro de 0.5 a 3 cm, en un rango aproximado de 50 días después del inicio del crecimiento de fruto.

En un estudio de reconocimiento de la(s) especie(s), varios ejemplares de fruto dañado con larvas en su interior fácilmente reconocidos por un escurrimiento blanquecino que mancha la superficie del fruto barrenado fueron colectados, a estas larvas se les permitió completar su desarrollo. El material biológico del insecto adulto colectado (larvas y adultos) durante los muestreos en el follaje y frutos fue enviado para su identificación al laboratorio de entomología del Instituto de Ecología de la Ciudad de Xalapa. Los resultados concuerdan en un solo barrenador del hueso del chinene que corresponde a la especie *Heilipus lauri* Bohemann. En las Imágenes 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se presentan los daños causados a los frutos por esta especie.

Al respecto Salgado y Bautista (1993) reportaron que *Heilipus lauri* es una especie nativa de México que puede reducir la producción en un 80% dado que los frutos barrenados caen prematuramente y las galerías producidas por las larvas representan la fuente de entrada para otros patógenos.

Descripción de la plaga y los daños que ocasiona: Los adultos de *Heilipus lauri* son insectos masticadores que miden entre 12.5 y 22 mm de longitud, color negro rojizo y sobre sus élitros presentan cuatro manchas color amarillo (Imagen 5) y su vida atraviesa cuatro fases: huevos, larvas, pupas y adultos; generalmente las hembras depositan los huevecillos en los frutos dentro de las perforaciones que hacen con el pico o rostrum, de tal manera que quedan en contacto con la pulpa del fruto y aislados del exterior por un cello que deja la hembra a base de una sustancia que en contacto con el aire, se endurece y forma como una especie de recina. La oviposición es en forma aislada, es decir, en cada perforación hay un huevecillo. Al salir la larva masticadora, ésta cava una galería

hacia el hueso o semilla, el cual algunas veces es totalmente desmenuzado y con ello se pierde el fruto, pues cae y queda inutilizable (Imagen 2, 3, 4 y 6). Una vez que caen los frutos al suelo las larvas continúan con su desarrollo para convertirse en pupas y posteriormente dar origen al adulto masticador, que al terminar su desarrollo repite el ciclo con su reproducción. El ciclo biológico a partir de que fue aislado (sin considerar la fecha de oviposición) tuvo una duración aproximada de 80 días, sin embargo, Salgado y Bautista (1993) señalan que el ciclo desde la oviposición hasta la emergencia del adulto cubrió un periodo de entre 100 y 115 días. Estos mismos autores indican que los adultos son de actividad nocturna, sin embargo, durante la presente investigación se pudieron observar adultos de *Hellipus lauri* en el día, después de las tres o cuatro de la tarde especialmente en días frescos y nublados. Este hallazgo permitió también observar que los hábitos de vuelo no sobrepasan alturas superiores a los cuatro o cinco metros y distancias horizontales de 2.5 a 3 metros -suficiente para afectar la mitad inferior del árbol-, así mismo, cuando no están alimentándose en el fruto u ovipositando, los adultos vuelan hacia el suelo donde se entierran entre hojarasca seca, preferentemente en estado de descomposición. Se recomienda que para el control de esta plaga la mejor forma sea atacar directamente al adulto durante los primeros días en que éste se presenta, que pueden ubicarse alrededor del inicio de la floración y amarre de fruto. Esta estrategia impedirá su reproducción y los daños que esta ocasiona. Atacar a la larva no es recomendable dado que la presencia de ésta implica ya un daño a la apariencia del fruto de chinene.

Otras plagas que fueron observadas pero que afectan al árbol son la agalla de la hoja (*Trioza anceps* Tuthill) que es un pequeño insecto de color verde oscuro y de alas transparentes, de forma muy similar a la mosquita blanca, que deposita su huevecillo en las hojas del chinene, de acuerdo con Solares (1981), cuando el huevecillo se abre y forma la ninfa, ésta secreta unos jugos que producen la hipertrofia en los tejidos vegetales, los que forman la agalla (Imagen 7) dentro de la cual se oculta la ninfa hasta el momento en que sale al exterior convertida en adulto haciendo un orificio en el envés de la hoja. Obviamente este daño reduce significativamente el área foliar en la copa del árbol, entorpeciendo la asimilación de fotosintatos que serán de utilidad durante el desarrollo del fruto.

Aparte de la agalla de la hoja, también se observó la presencia del barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger), otro coleóptero que al igual que *H. lauri* las larvas barrenan a través de la epidermis hasta llegar a la medula de la rama o rices que se unen con el cuello del árbol en el suelo, entorpeciendo el flujo de agua y nutrientes provenientes del suelo. A consecuencia de esto puede ocurrir una ligera defoliación y aborto de flores y frutos (Téliz, 2002).



Imagen 2. Frutos dañados por barrenador grande del hueso del aguacate *Heilipus lauri* en las primeras etapas del crecimiento de fruto.



Imagen 3. Muestreo de frutos abortados por *Heilipus lauri* entre dos fechas de lectura de datos consecutivas. La suma total de frutos en la imagen fue de 82 en un solo árbol.



Imagen 4. Fruto severamente dañado por *Heilipus lauri*.

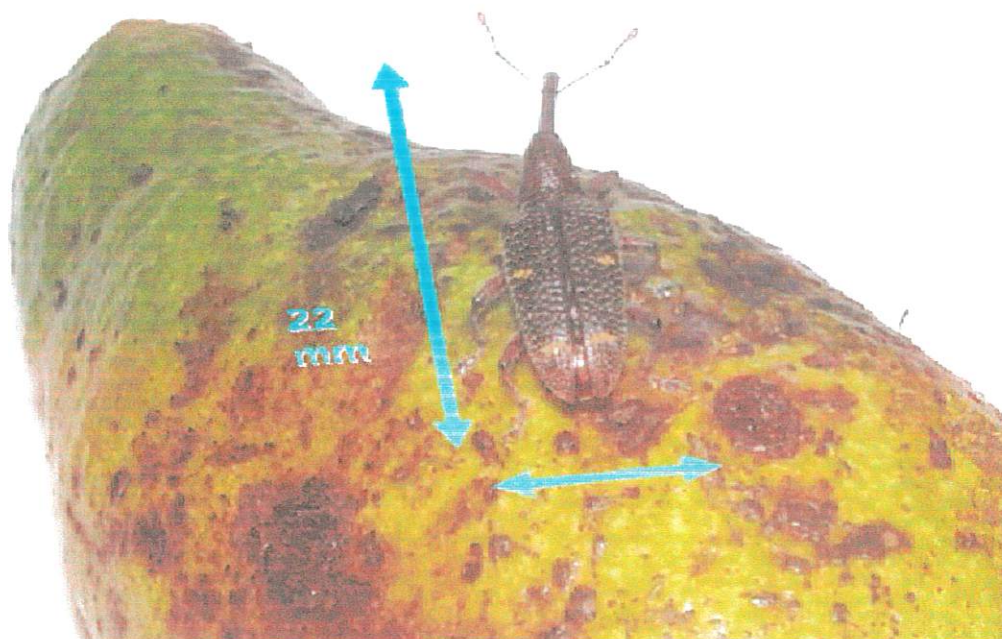


Imagen 5. Adulto de *Heilipus lauri*.

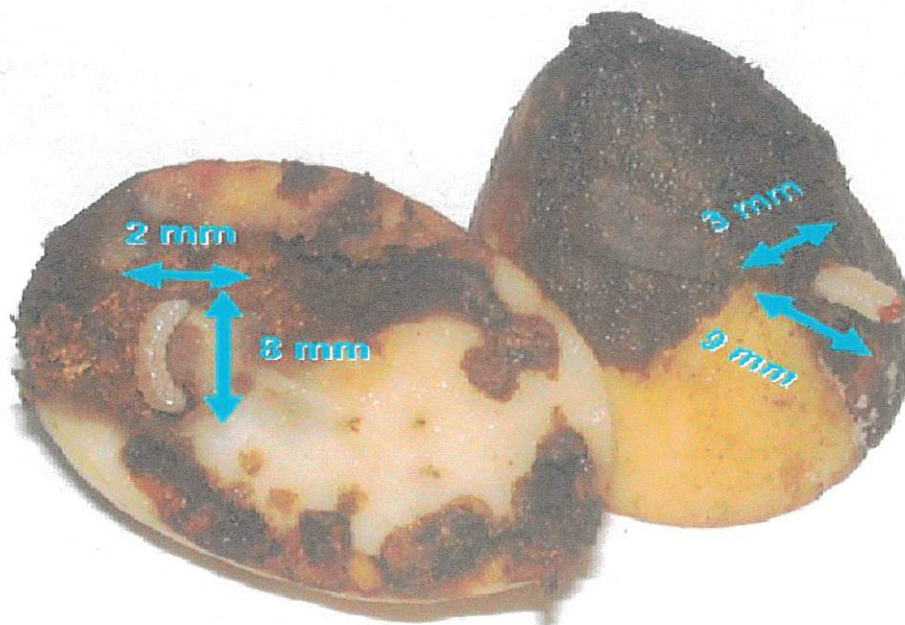


Imagen 6. Larvas de *Heilipus lauri* y daño ocasionado en la semilla de chinenes.



Imagen 7. Daños causados por la agalla de la hoja (*Trioza anceps*).

4.3. EXPERIMENTO 3. CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS RELACIONADOS CON EL PROCESO DE MADURACIÓN

4.3.1. Velocidad de respiración y velocidad de producción de etileno

El proceso de maduración de los chinenes presentó un comportamiento climatérico típico marcado por una alta producción de CO₂ y etileno (Figura 3-A y 3-B), ocurriendo el máximo climaterio en el día 3 con una producción media de 544.73 mL de CO₂.kg.⁻¹.h⁻¹ y 1418.3 µL de C₂H₄.kg.⁻¹.h⁻¹ respectivamente para frutos de chinene. La elevación climatérica para CO₂ y etileno inició aproximadamente 24 h después de la cosecha y disminuyó drásticamente después de las 72 h (Figura 3-A y 3-B). De acuerdo con Watada *et al.* (1984), el periodo climatérico está asociado a una serie de cambios bioquímicos ocasionados por el incremento natural en la respiración y por la producción auto catalítica de etileno.

La producción de etileno en chinenes fue muy elevada en comparación con el aguacate 'Hass' (263.3 µL de C₂H₄.kg.⁻¹.h⁻¹) y otros tipos de aguacates, como el 'Fuerte' (Awad y Young, 1979; Awad y Young, 1980). Esta elevada tasa de producción de etileno puede explicar la corta vida postcosecha que presentan los chinenes, y de acuerdo con la clasificación de frutos de Kader (2002), podemos afirmar que debido al rápido aumento en la intensidad respiratoria aunado al aumento en la producción de etileno, los frutos de chinene deben ser considerados como frutos climatéricos altamente perecederos.

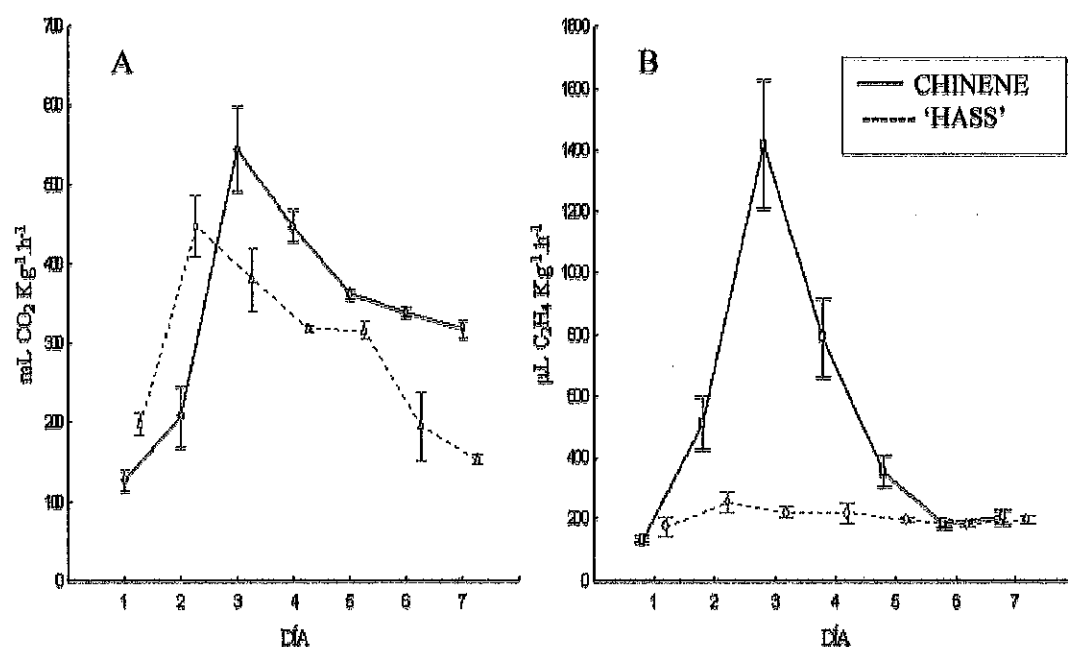


Figura 3. Comportamiento climatérico en chinenes. A). Velocidad de respiración (mL CO₂ Kg⁻¹.h⁻¹); B). Velocidad de producción de etileno (μL C₂H₄ Kg⁻¹.h⁻¹). (Media ±0.05 E.E.).

Por otra parte, tanto productores y comerciantes de frutos de chinene afirman que alrededor de los días 3 y 5 después de la cosecha, el chinene alcanza el punto óptimo de consumo dando las mejores características organolépticas. Este dato coincide precisamente con el pico climatérico encontrado. De acuerdo a la terminología propuesta por Watada *et al.* (1984) y Gortner *et al.* (1967), puede definirse este momento como el punto de “madurez hortícola”, que es el estado de desarrollo en el cual el fruto posee los prerequisites necesarios para su uso por los consumidores o en su defecto, para algún otro propósito en particular. Algunos investigadores en México utilizan el sinónimo de “madurez óptima de consumo” para referirse al estado de madurez hortícola.

Después de la elevación climatérica la calidad visual aparente del fruto se deterioró notablemente en relación con el aguacate Hass, probablemente es este momento el punto de inicio del proceso que sigue a la madurez hortícola, “la senescencia”, y como consecuencia toman lugar los procesos de envejecimiento donde los oscurecimientos en cáscara y pulpa son evidentes, hasta que finalmente los tejidos del fruto se deterioran rápidamente y mueren (Watada, 1984).

4.3.2. Pérdida de peso en fruto

Durante los 7 días de observación a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ la máxima de pérdida de peso fue de 24.9% y 9.93% con relación al peso inicial de chinenes y aguacate ‘Hass’ respectivamente. En este mismo orden la tasa de pérdida de peso promedio por día fue de 3.55% y 1.41%. En la Figura 4 se representan graficados los valores medios del cambio en el porcentaje de peso fresco de fruto durante el periodo de maduración. En los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.0001$) en relación al por ciento de peso perdido en los dos grupos de frutos (87.8% y 94.3% promedio para chinene y aguacate ‘Hass’ respectivamente). Pudo notarse que el decremento en el porcentaje de peso perdido por el fruto fue más intenso a partir de los días tercero y cuarto. Tal disminución puede ser relacionada con el máximo pico de producción de CO_2 , indicando que la mayor tasa de respiración induce a la mayor tasa de pérdida de peso diaria. En otros frutales como el mamey, se ha encontrado que las altas tasas de transpiración han sido asociadas con altas tasas de maduración de frutos (Díaz-Pérez *et al.*, 2000). Sin embargo, los frutos de chinene al igual que los frutos de aguacate presentan una cutícula (peridermo) en la cáscara cuyas características se

modifican con la maduración, por lo que esta condición puede influir en forma significativa en las tasas de transpiración del fruto durante la maduración, por tanto, será necesario establecer nuevos experimentos que cuantifiquen la conductividad estomática y que permitan relacionar las tasas de transpiración y respiración con la pérdida de peso del fruto durante el proceso de maduración.

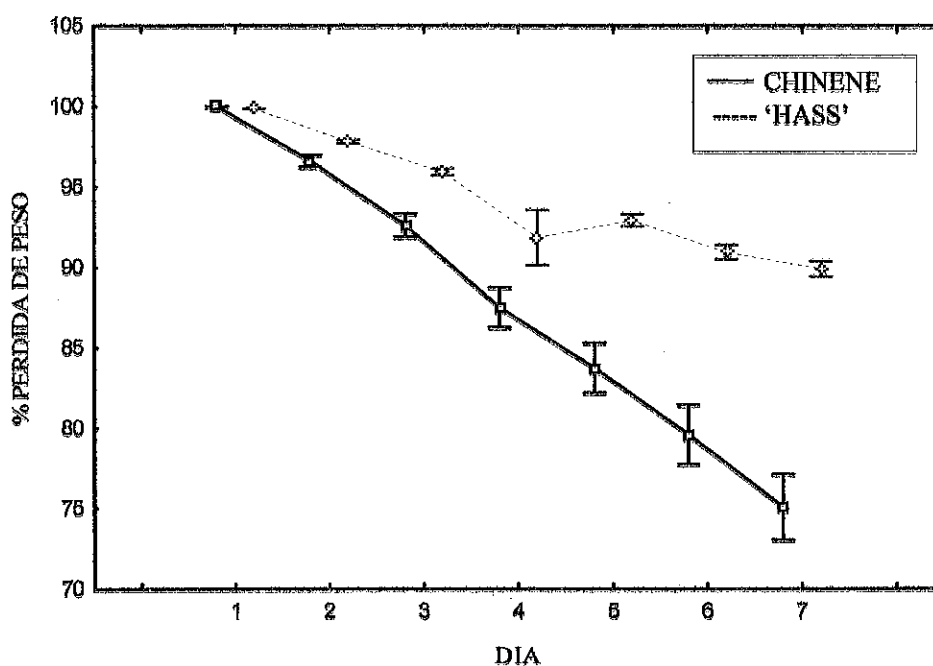


Figura 4. Pérdida de peso fresco diario en frutos de aguacate 'Hass' y chinenes durante la maduración (Media ± 0.05 E.E.).

Para aguacate 'Hass', sin embargo, aunque también exhibe una caída de peso esta no es tan drástica como en los chinenes (Figura 4). En correspondencia con lo anterior, la cáscara de los frutos de chinene mostró cambios perceptibles visuales en cuanto a color de cáscara y al tacto (rugosidad de la cáscara y firmeza del fruto) a partir del tercer día, como resultado de la pérdida de agua y del proceso de maduración del fruto en general.

De acuerdo con Kader (2002) las pérdidas de peso son una causa principal en el deterioro de frutos que afectan no solo a las pérdidas cuantitativas directas (pérdida en peso vendible), sino también a las pérdidas de apariencia, textura y valor nutricional, reduciendo el valor comercial del producto y su vida de anaquel.

Por otra parte, se ha demostrado que la tasa de pérdida de peso en frutos depende del déficit de presión de vapor entre el fruto y la atmósfera circundante, la cual está influenciada por la temperatura y la humedad relativa (Gaffney, 1978; Kader, 2002). Para fines de este experimento solo fue controlada la temperatura, por lo que es muy probable que la pérdida de peso en los frutos se haya visto afectada por las condiciones de baja humedad relativa (HR) del entorno ($< 75\%$ HR), de tal forma que ésta jugará un papel importante en la reducción de la pérdida de peso diario. Así, condiciones de HR mayores serán requeridas para reducir las pérdidas de peso en chinenes independientemente del sitio de cosecha (Gaffney, 1978; Van Den Berg y Lentz, 1978; Grierson y Wardowski, 1978). Otras opciones a considerar serán el manejo de temperaturas y uso de algunas películas plásticas que le permitan llegar a los frutos a mercados más distantes (Kader, 2002).

4.3.3. Materia seca (% MS)

Los valores promedio del % MS en pulpa fueron de 53.69% y 72.85% para chinenes y aguacate 'Hass' respectivamente. En la Figura 5, los valores promedio diarios y las diferencias en el error estándar para el % MS entre los días de evaluación se consideraron estadísticamente iguales, aunque los frutos de chinene mostraron, sin

embargo, una tendencia de disminuir su porcentaje de MS alcanzando su valor promedio mínimo después del día 5. De igual forma se encontró que los frutos de aguacate 'Hass' no mostraron diferencias significativas entre días de evaluación, por lo que en este tipo de frutos el porcentaje de materia seca se mantuvo estadísticamente constante durante la maduración, además de presentarse en una proporción significativamente mayor en relación a los chinenes. El análisis de la Figura 5 permite ilustrar mejor el comportamiento de ambos grupos durante el periodo de maduración. No obstante, con la disminución en la concentración de materia seca a partir del día 5, prácticamente todos los atributos relacionados con la calidad de consumo, así como las cualidades nutricionales del chinene son indeseables, especialmente este decremento tuvo una alta correlación positiva de 0.89 ($p \leq 0.0001$, datos no mostrados) con el deterioro en el ángulo de matíz ($^{\circ}\text{Hue}$) y con la intensidad del color (Croma) en pulpa.

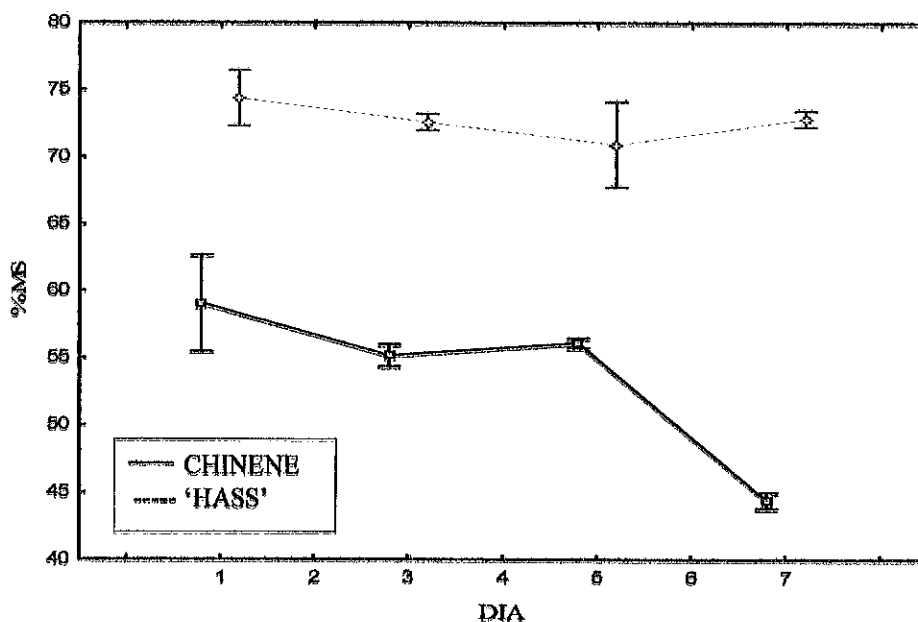


Figura 5. Cambio en el porcentaje de materia seca (% MS) entre frutos de chinene y aguacate 'Hass' durante la maduración (Media ± 0.05 E.E.).

Existen muchos estudios relacionados con el porcentaje de materia seca en precosecha para las diversas variedades de aguacate (excepto chinene), pero no así en postcosecha donde el fruto ha sido desprendido del árbol y carece del flujo de agua y nutrientes mientras que otros procesos diversos metabolizan los elementos contenidos en la MS. Identificar tales procesos ya sea desde el punto de vista bioquímico o enzimático en postcosecha de frutos de chinene, deberá ser de interés en futuras investigaciones.

Aunado a lo anterior, hoy en día la importancia de evaluar el % MS -específicamente para aguacate-, radica en la importancia que ésta asume como índice de cosecha, ya que se ha establecido que el contenido de materia seca está fuertemente relacionado al contenido de aceite y a la calidad comestible del fruto. Lee *et al.*, (1983) establecieron que el 21% MS corresponde al 8% de aceite, valor que representa la madurez mínima aceptable para aguacate 'Hass' en Estados Unidos, mientras que en Australia, el estudio de Brown, (1983) demostró que el 21.3% de MS correlacionó bien con el 12% de aceite para las variedades 'Hass', 'Fuerte' y 'Rincón', siempre que estos fueron cosechados en estaciones tempranas respecto a la temporada de cosecha total. El mismo autor añade que actualmente, dicha correlación ha sido aceptada como el índice oficial de madurez para aguacate en Queensland, Australia. Por otra parte, se acepta que el porcentaje de aceites totales y contenido de humedad son recíprocos y que generalmente suman una constante para cualquier cultivar de aguacate, por ejemplo, países como Australia, Israel, Nueva Zelanda y Estados Unidos usan rutinariamente el % MS como índice de cosecha, mientras que Sudáfrica usa el recíproco llamado contenido de humedad en pulpa (Hofman *et al.*, 2002).

Otro hecho importante relacionado con la predicción de la fecha óptima de corte, radica en que si en el momento de la cosecha la fruta está aun inmadura, la pulpa de la misma será más susceptible a daños por frío y sus características organolépticas no serán las mejores. Por otro lado, si la fruta ha sobrepasado el punto de madurez hortícola no puede almacenarse por más tiempo, porque madura antes de ser comercializada siendo susceptible a ataques por hongos (López, 1991).

4.3.4. Resistencia de la cáscara a la penetración (N)

Los resultados no mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre grupos de frutos, con valores promedio de 19.5 N y 14.9 N para chinenes y aguacate 'Hass' respectivamente. Esto puede atribuirse a que los cultivares de aguacate y chinene evaluados no tuvieron diferencias entre sus características inherentes al ablandamiento. No obstante a lo anterior, entre días de evaluación sí existieron diferencias mostrando un decremento constante en la resistencia de la cáscara inmediatamente después de haber colocado los frutos a 25°C (Figura 6). El cambio más significativo en la resistencia a la penetración se presentó entre los días 3 y 5, con un ablandamiento total de fruto que pasó de 26.9 N a 11.2 N para chinenes y de 23.2 N a 3.1 N para aguacate 'Hass', en este último caso la caída fue más drástica. Una posible causa del porqué los frutos de chinenes presenten una mayor resistencia —aunque estadísticamente no significativa— puede deberse al mayor grosor de su cáscara con respecto a los frutos de aguacate Hass. De acuerdo con Hofman *et al.*, (2000), el número de días a madurez de frutos de aguacate 'Hass' está determinado como los días que el fruto requiere para alcanzar una firmeza de 4-6 N, en la cual el ablandamiento del fruto permite que éste sea comestible,

además, dicho índice se mantiene en estrecha relación con el oscurecimiento de la cáscara. Después del día 5, la pérdida de la firmeza se mantuvo estadísticamente constante para ambos grupos de frutos. Los valores de firmeza en chinenes obtenidos aquí, no permiten que se aplique el índice de madurez comestible propuesto por Hofman *et al* (2000), por lo que aun se deberá definir éste parámetro mas detalladamente en futuras investigaciones en relación con la pérdida de color de fruto.

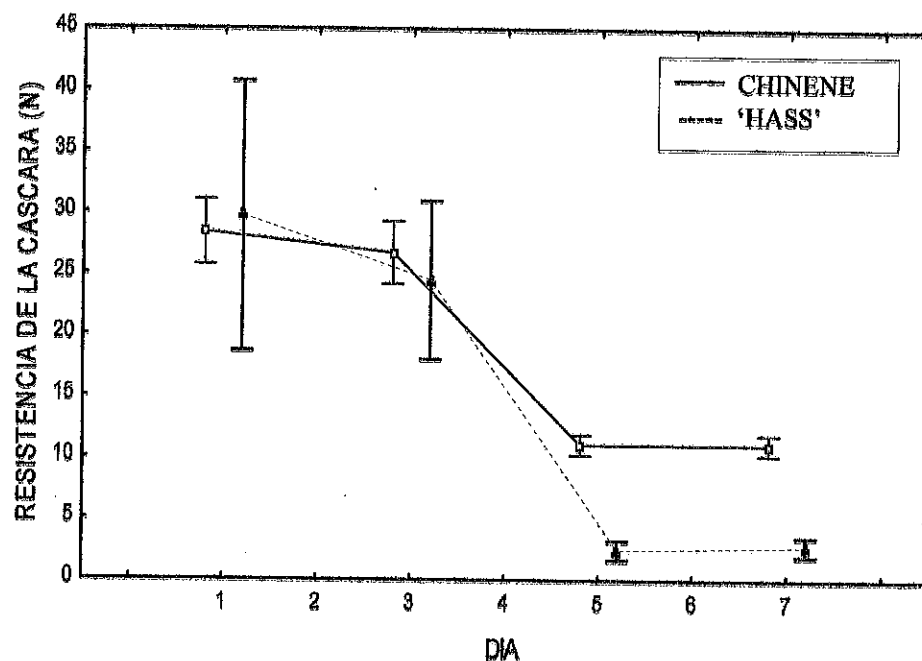


Figura 6. Resistencia de la cáscara a la penetración (N) en frutos de chinenes y aguacate durante la maduración (Media ± 0.05 E.E.).

En la Figura 6 se ilustra la pérdida de la firmeza tanto para chinenes como para aguacate 'Hass' tal como sucedió a través del periodo de evaluación. De acuerdo con Hertog *et al.*, (2004), la firmeza es el atributo de la calidad crítico determinante en postcosecha de frutas, y esta estrechamente relacionada a la estructura celular de los

tejidos. El más importante proceso postcosecha responsable de la degradación de la estructura de la pared celular es la maduración de fruto.

Tucker y Seymour (1991) también señalan que las pérdidas de firmeza son el resultado de la degradación de la pared celular, debido a la degradación de las pectinas de la lámina media y en consecuencia se pierde la cohesión que existe entre célula y célula. En relación a lo anterior Watada (1986) explica que durante la maduración el etileno induce la activación de las enzimas que hidrolizan la pared celular, entre ellas menciona la participación de celulasa, pectinasa y específicamente para aguacate menciona que la actividad de la enzima poligalacturonasa incrementa simultáneamente con el ablandamiento del fruto. Este mismo autor añade que el ablandamiento en algunos frutos se inicia simultáneamente con el climaterio respiratorio, señalando que el etileno puede afectar el proceso de ablandamiento sin afectar otros procesos fisiológicos, y que el óptimo rango de temperatura para que se induzca una respuesta fisiológica oscila entre 20° y 25°C -el cual cae dentro de la temperatura de evaluación para el presente experimento-.

Brady (1987) coincide con lo anterior, aunque para aguacate destaca que la síntesis de la enzima celulasa ocurre durante el climaterio y continúa conforme avanza la maduración del fruto. En acuerdo con las evidencias expuestas, se puede asumir la hipótesis de que es muy probable que la tasa de cambio en la resistencia a la penetración sea directamente afectada por la producción CO₂ y etileno en el fruto de chinene, y aunque por ahora no exista evidencia firme al respecto específica para ésta especie, la actividad de las enzimas poligalacturonasa y celulasa deberán ser tomadas en

consideración en futuras investigaciones para explicar el papel enzimático en el ablandamiento de frutos durante la maduración de chinenes.

4.3.5. Cambios en el color interno y externo del fruto

Para que el chinene alcance todo su potencial como fruto comercial y pueda llegar hasta mercados distantes, no debemos olvidar que los consumidores relacionen la apariencia visual de un fruto con la calidad de éste, como resultado de ideas preconcebidas entre consumidores de cual debe ser su apariencia en particular (Francis, 1980; McGuire, 1992). Por ejemplo, si el color no es atractivo, los consumidores inmediatamente juzgan negativamente otros atributos de calidad como son la textura y el sabor (Francis, 1980). Esto representa un verdadero problema para el chinene ya que existe una fuerte tendencia a compararlo con el aguacate.

Tradicionalmente y en todos los lugares donde el chinene prospera, el color siempre ha sido juzgado por el ojo humano, y para los consumidores expertos esta percepción ha funcionado bien. Sin embargo, hay dificultades para controlar este parámetro cuando se trata de consumidores inexpertos o que tienen poca relación con los frutos de chinene. En este último caso el ojo humano puede ser fácilmente engañado, por lo que la necesidad de contar con un parámetro objetivo de medición de color es indispensable.

No se presentaron diferencias entre los tonos o matices (Hue°) de la cáscara, y por tanto los atributos que modificaron la apariencia entre frutos fueron la luminosidad (L) y la intensidad del color (croma) (Cuadro 4). Así, por su color de cáscara, el aguacate

‘Hass’ y los chinenes pueden ser considerados como frutos de apariencia semejante. Esto puede explicar el porqué los consumidores inexpertos tienden a relacionar o comparar al chinene con el aguacate.

Por otra parte, resultan más evidentes las diferencias entre grupos de frutos cuando se evalúa el color de la pulpa ya que prácticamente todos los grupos son diferentes, el ángulo Hue° o tono e intensidad de color tan elevados en aguacate ‘Hass’, indicó que la pulpa de éste se mantuvo de color predominantemente verde durante el periodo de evaluación, que sumado al alto valor de luminosidad, la pulpa proyectó una apariencia verde clara. Para los chinenes, sin embargo, el color aparente fue predominantemente café claro o beige de intensidad baja.

Puede apreciarse más detalle de los cambios de color durante el periodo de maduración evaluado en la Figura 7. De acuerdo con el análisis estadístico, la degradación del color diaria en cáscara de chinene no es afectada por el ángulo de matiz, pero sí por el decremento gradual en la luminosidad y la pureza de color de los chinenes, lo que resulta en la pérdida total del color original, influenciada por una baja luminosidad y pureza de color. La pérdida de color en cáscara declinó desde el primer día después de cosecha, sin embargo, el deterioro principal ocurre después de que el pico climatérico respiratorio ha alcanzado su valor máximo. Al respecto se sabe que el grado de deterioro (percepción) de los productos cosechados generalmente es proporcional al grado de respiración y producción de etileno (Kader, 2002) y en chinenes el cambio más común es la pérdida de color verde durante la maduración el cual puede variar de verde a negro, verde a morado y verde a café.

El color verde en frutos se debe a la presencia de la clorofila, la cual es un complejo de magnesio orgánico y las pérdidas en éste color se deben a la degradación de la estructura de la clorofila. Dos agentes principales responsables para esta degradación se han sugerido en la literatura: el primero es el cambio en el pH ocasionado por el escape de los ácidos orgánicos de la vacuola; mientras que el segundo se debe a los sistemas oxidativos y la acción de la enzima clorofilaza. La pérdida de color depende de uno o de todos estos factores que actúan en secuencia para destruir la estructura de la clorofila (Wills *et al.*, 1982; Herrero y Guardia, 1992).

De acuerdo con Watada (1986) y Saltveit (1999) la degradación de la clorofila en tejidos de plantas cuando son expuestos a etileno se debe principalmente al incremento en la actividad de la enzima clorofilaza y este efecto es notado en una gran diversidad de frutos, aunque la tasa de pérdida de color difiere entre ellos. Esto sugiere que durante el incremento en el pico respiratorio, la cantidad de etileno producida por los frutos tanto de chinenes como de aguacates es suficiente para inducir la degradación de clorofila en la cáscara, y que con el incremento en la producción de etileno durante los días subsecuentes, la clorofila se pierde cada vez más rápidamente hasta que es totalmente destruida.

Cuadro 4. Diferencias de color externo e interno entre frutos de chinenes y aguacate 'Hass'.

COLOR EN CÁSCARA						COLOR DE PULPA						
Dia	L		Hue°		Croma		L	HUE°		Croma		
	Chinene	Hass	Chinene	Hass	Chinene	Hass		Chinene	Hass	Chinene	Hass	
1	37.65a	32.76a	181.41NS	181.24a	22.61a	16.49a	78.82a	73.68NS	1.46a	181.52NS	24.24a	40.76NS
3	34.56b	31.02a	121.43NS	121.36a	18.42b	13.91a	74.47a	78.80NS	1.43a	181.54NS	21.99b	40.46NS
5	33.73b	24.72b	121.54NS	0.81b	17.42b	5.74b	51.53b	76.94NS	1.31b	181.51NS	19.50b	38.27NS
7	26.09c	24.23b	0.89NS	0.88b	9.26c	3.59b	32.60c	74.70NS	1.24c	181.53NS	12.82c	38.49NS
Media	33.00a	28.18b	106.32NS	76.07NS	16.93a	9.93b	59.35b	76.03a	1.34b	181.53a	19.64b	39.50a

Valores con la misma letra dentro de cada columna no representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de

medias de Duncan ($P \leq 0.05$). NS = No significativo a $P \leq 0.05$.

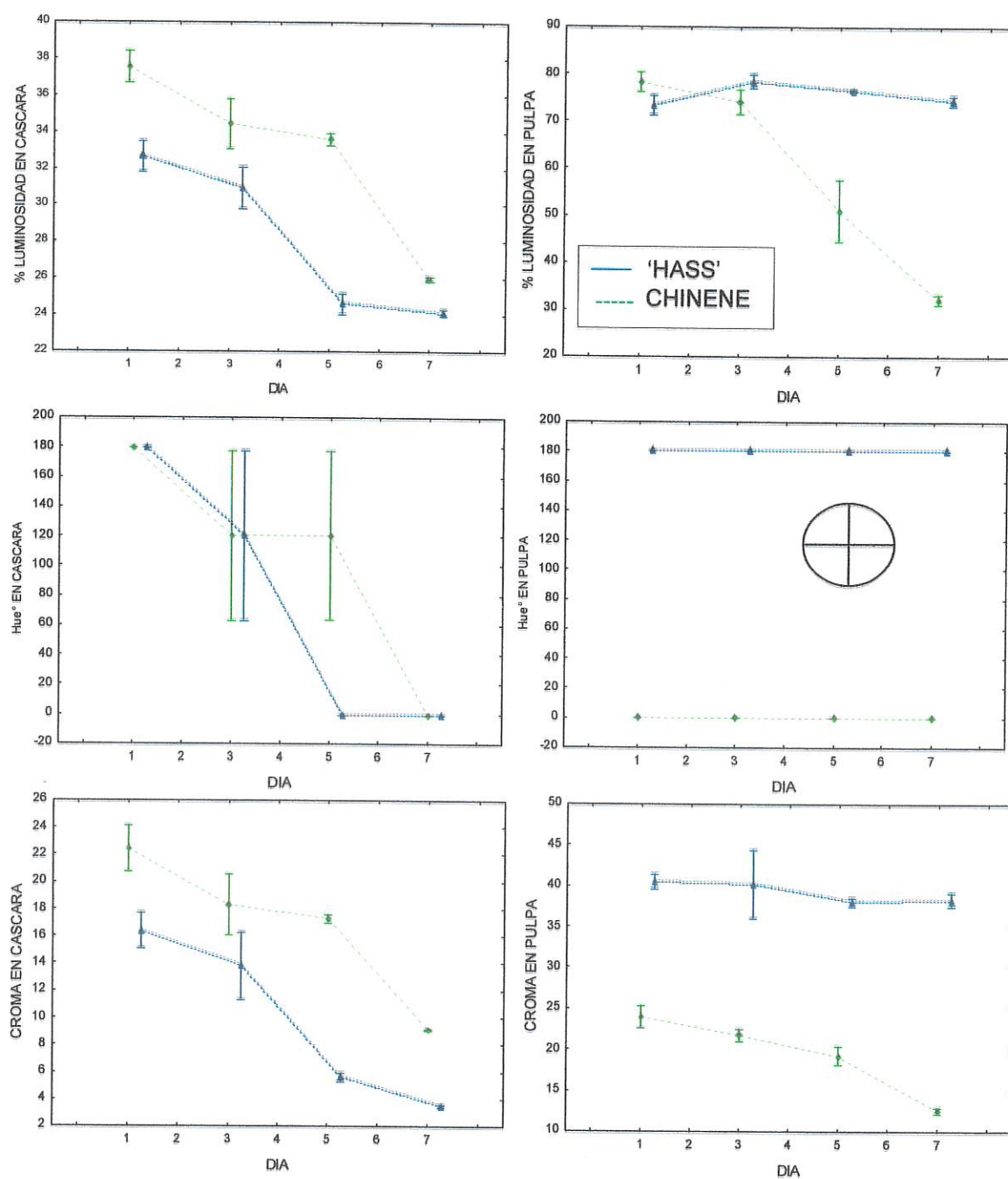


Figura 7. Variación en la Luminosidad, Angulo de matiz y Pureza de color en la cáscara y pulpa durante la maduración de frutos de aguacate 'Hass' y chinenes (Media $\pm$ 0.05 E.E.).

La desaparición de la clorofila es asociada con la síntesis y/o revelación de pigmentos que van en rangos desde el amarillo hasta el rojo-púrpura. Muchos de estos pigmentos son los carotenoides y antocianinas. Los carotenoides son componentes muy estables y frecuentemente permanecen intactos en el tejido cuando la senescencia ha ocurrido en toda su extensión (Wills *et al.*, 1982). Los carotenoides pueden ser sintetizados durante los estados de desarrollo del fruto pero ellos son encubiertos por la presencia de la clorofila y no se manifiestan hasta que inicia la degradación de la clorofila en la cáscara de los frutos, solo entonces los pigmentos carotenoides llegan a ser visibles. Por su parte las antocianinas producen los colores fuertes dentro del rango rojo-púrpura y llegan a encubrir a los carotenoides y a la clorofila (Wills *et al.*, 1982). En base a lo anterior y para entender mejor la degradación de color en la cáscara de frutos de chinene, es recomendable establecer más estudios que permitan identificar la actividad de la enzima clorofilaza y así mismo cuantificar la concentración de otros pigmentos diferentes a la clorofila durante el proceso de maduración.

En cuanto a los cambios de color en pulpa las diferencias son más notables entre los dos grupos de frutos. Ambos difieren significativamente en luminosidad, ángulo de tono o matiz y pureza de color, como una expresión de las diferencias inherentes a cada variedad (Figura 7). Por su parte, el aguacate 'Hass' fue la variedad que conservó mejor el color de pulpa a través del periodo de maduración y no reportó cambios significativos. Caso contrario ocurrió con la pulpa de los frutos de chinene que exhibió cambios adversos, marcados por la acelerada pérdida de los atributos de color a partir del tercer día. La luminosidad e intensidad de color fueron los parámetros que influyeron directamente en la percepción del deterioro de color en pulpa de chinene. Y aunque el

ángulo de matiz también sufrió cambios significativos estadísticamente, éstos no tuvieron el mismo impacto visual en la percepción del color total como la luminosidad y la intensidad.

En algunos estudios, el oscurecimiento potencial de varios frutos y algunas veces diferentes variedades del mismo cultivar, se ha visto relacionado directamente con el nivel de fenoles, la actividad de la enzima polifenol oxidasa (PPO) o la combinación de estos dos factores. De acuerdo con el trabajo de Golan *et al.* (1977), entre los cultivares de aguacate 'Fuerte' y 'Lerman' se encontró que existe una correlación positiva entre la tendencia del fruto a iniciar el oscurecimiento, el contenido de fenoles totales y la actividad de la PPO, y que hay diferencias pronunciadas en la tasa de oscurecimiento entre la pulpa de frutos maduros de cultivares de aguacate 'Fuerte' y 'Lerma'. También reportaron que el comportamiento postcosecha de los frutos de los dos cultivares fue el mismo registrado para etileno, respiración y ablandamiento, pero que la tasa de oscurecimiento de aguacate 'Fuerte' fue mucho mayor que para 'Lerman' a través del periodo de maduración. Lo anterior puede explicar parcialmente el oscurecimiento en la pulpa de chinenes expresado en pérdida de luminosidad y pureza de color, sin embargo, serán necesarios más estudios para evaluar el grado de actividad de PPO durante la maduración en relación al contenido de fenoles totales dentro de la pulpa.

4.3.6. Aceites totales (% AcT)

Los resultados del análisis de varianza mostraron que existe diferencia significativa en la producción de aceite de chinenes y aguacate 'Hass'. La pulpa de los frutos de chinene

alcanzó un mayor porcentaje de aceite (22.6% de AcT; $P \leq 0.05$), mientras que la producción de aceite para aguacate 'Hass' fue menor (12.8% AcT; $P \leq 0.05$). En relación al tiempo de maduración no se presentaron diferencias en ninguno de los dos grupos de frutos, por lo que la producción de aceites totales se mantuvo constante. Estos datos concuerdan con los obtenidos por varios investigadores de la Fundación Salvador Sánchez Colín al evaluar nuevas selecciones o variedades con respecto a aguacates comerciales como el 'Hass' y el 'Fuerte', obteniendo promedios de concentraciones de aceites que dependiendo del año de evaluación fluctúan desde 11.55% hasta valores de 27.48% como máximo (Sánchez-Colín *et al.*, 1989; López *et al.*, 1993a; López, 1994a y 1994b) En la Figura 8 se presenta la tasa de producción de aceites totales a través del periodo de maduración.

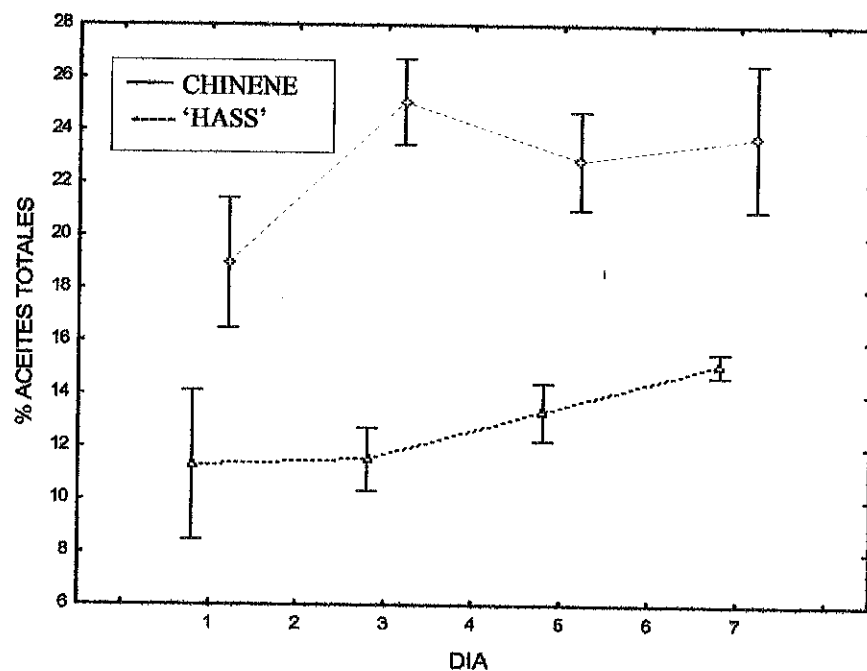


Figura 8. Porcentaje de aceites totales durante la maduración de chinenes y aguacate 'Hass' (Media $\pm$ 0.05 E.E.).

Es de particular interés hacer hincapié en que el valor máximo de % AcT en aguacate 'Hass' durante estos estudios no logró alcanzar los niveles de producción de aceite encontrados en chinenes. Del Ángel *et al.*, (2006a) reportaron también porcentajes de aceites elevados para chinenes que se desarrollan tanto en zonas altas (más de 1000 m.s.n.m) como para aquellos que crecen a altitudes muy cercanas a las del nivel del mar con valores promedio alrededor del 21.7% y 22.4%, sin encontrar diferencias significativas entre altitudes. Por su parte, Joaquín (2006) reportó valores en el rango del 20% al 30% de aceites totales para chinenes desarrollados entre 0-1000 m.s.n.m, en la región de Los Tuxtlas, Veracruz sin encontrar diferencias significativas entre las localidades de la región. Esta característica es importante debido a que el chinene podría ser una fuente de aceite mucho mas barata y rica, utilizable en la industria de elaboración de cosméticos, velas, jabones, etc (Human, 1987). Además, en estudios previos, se ha encontrado que también la calidad del aceite por su concentración de ácidos grasos es mucho mayor en chinenes, llegando a presentar hasta un 78% de ácido oleico, el cual es un ácido graso insaturado que ayuda a reducir los niveles de colesterol y los riesgos por enfermedades cardiovasculares (López, 2004).

El ligero incremento en la producción de aceite mostrado por los chinenes y aguacates desde el punto de vista bioquímico y de acuerdo con Plich y Jankiewicz (2003), puede deberse a que las membranas celulares muestran síntomas de envejecimiento conforme avanza la maduración, caracterizada por la disminución en el contenido de fosfolípidos. El catabolismo de estos compuestos se inicia por la activación de las fosfolipasas A y C. La primera (A) está separando los ácidos grasos de los fosfolípidos y la última (C) produce diacilglicerol (DGA), el cual tiene un papel importante en el metabolismo de

plantas como activador de la fosforilación de enzimas. En base a esta hipótesis es probable que el máximo % AcT alcanzado durante el tercer día por los chinenes se deba a que la mayoría de los fosfolípidos han sido liberados de las membranas celulares y pueden ser fácilmente extraídos de la pulpa. Esto puede explicar parcialmente el porqué muchos consumidores de chinenes en la región centro de Veracruz argumentan que éstos frutos son más cremosos y presentan mayor untabilidad de su pulpa con relación a los diferentes cultivares de aguacate.

4.3.7. Fibra cruda (% FC).

El análisis de fibra cruda arrojó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los grupos de frutos. Destacando a los chinenes como aquellos que presentaron el porcentaje más alto con un valor promedio de 3.96%, seguido por el aguacate 'Hass' que presentó el 2.41% de fibra cruda (Cuadro 5). Se registró una tasa decreciente en la concentración de fibra entre los frutos de chinene, con la máxima pérdida de fibra entre los días 3 y 5 (Figura 9). Los niveles de fibra cruda se mantuvieron más elevados en chinenes con respecto al aguacate 'Hass', al menos durante los primeros cinco días de evaluación. Esto permite recomendar al chinene como una fuente natural de fibra dietética en la alimentación humana. Al respecto existen estudios que han correlacionado la ingestión de fibra con la prevención de enfermedades coronarias y reducción del colesterol, obesidad, diabetes, estreñimiento y hemorroides, cáncer de mama, tumores gástricos y muchas otras enfermedades (McDougall *et al.*, 1996).

Cuadro 5. Por ciento de fibra cruda en chinenes y aguacate 'Hass' durante el periodo de maduración.

DIA	CHINENE (% FC)	AGUACATE 'HASS' (% FC)
1	5.97 a	2.83 a
3	5.48 a	2.34 b
5	2.28 b	2.33 b
7	2.11 b	2.13 b
MEDIA	3.96 a	2.41 b

Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan $P \leq 0.05$.

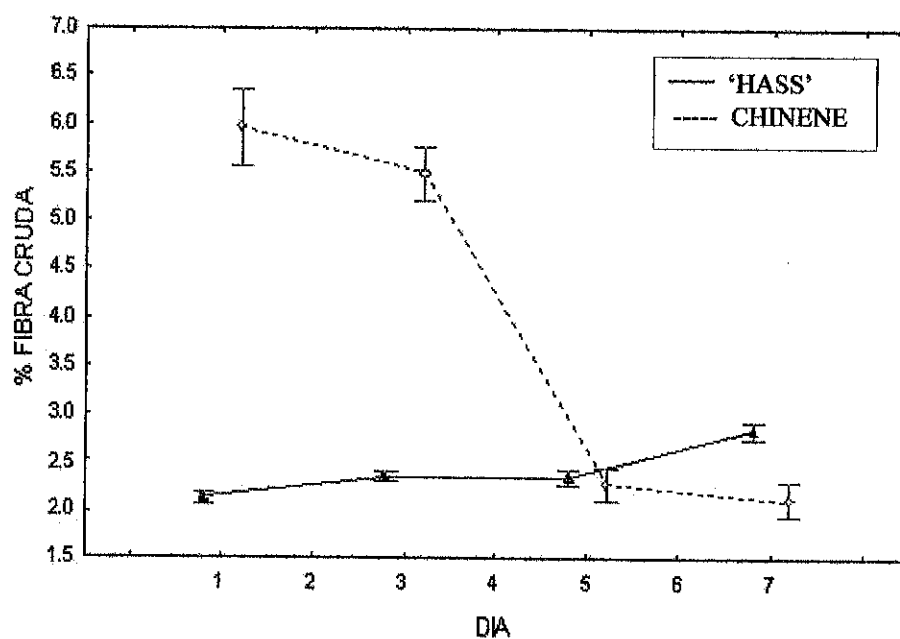


Figura 9. Porcentaje de fibra cruda en chinenes y aguacate Hass durante la maduración (Medias ± 0.05 S.E.)

Normalmente la pared celular es la principal fuente de fibra en la mayoría de las plantas, sin embargo, en la pulpa de chinene existen “hilos” de fibra -a los cuales los consumidores del centro del estado de Veracruz le denominan “Ixtle”- y son precisamente estos hilos los que aportan la mayor fuente de fibra en el fruto. No se ha estudiado la composición química del ixtle (p.ej.: celulosa, hemicelulosa, pectina, etc.) ni cual es su función dentro de la pulpa, aunque es muy probable que dicho ixtle intervenga en el sistema de transporte de agua y/o fotosintatos.

De acuerdo con McDougal *et al.* (1996), los componentes del floema son los elementos del vaso, que en conjunto forman los tubos cribosos, células acompañantes y fibras; los extremos de los elementos son placas cribosas. No obstante, la pared celular de estos elementos no es uniforme en todas las plantas, por lo que el tamaño, forma y estructura de la pared celular puede tener ciertas implicaciones en su comportamiento como fibra dietética. McDougal *et al.* (1996) también mencionan que células delgadas y alargadas con pared gruesa y sin vida (p.ej. xilema, floema y esclereidas) contribuirán de manera diferente con los efectos físicos de la fibra dietética con respecto a aquellas que tienen paredes delgadas y están llenas de granos de almidón. Sin embargo, dado que las diferentes paredes celulares tienen diferentes estructuras, es necesario reconocer antes que nada, el tejido ingerido, el tipo de células que contiene, su función y estructura de su pared celular para poder establecer una discusión más apropiada respecto a la fibra del chinene.

4.4. EXPERIMENTO 4. FRIGOCONSERVACIÓN DE FRUTOS DE CHINENE (*Persea schiedeana* Nees)

El objetivo de este experimento fue evaluar el comportamiento de frutos de chinene colocados a diferentes temperaturas de refrigeración (6°, 10° y 15°C) durante tres periodos de almacenamiento (1, 2 y 3 semanas ó 7, 14 y 21 días), en relación con el proceso de maduración. Para éste último, los frutos fueron atemperizados a 25°C durante 24 horas después de cada periodo de almacenamiento y fueron evaluados los cambios subsecuentes a temperatura ambiente (días 1, 3, 5 y 7). El experimento 3 represento en si mismo el análisis de testigos considerado como semana cero y temperatura ambiente promedio de 25±2°C.

El proceso de maduración después de cada periodo de frigoconservación presentó diferencias altamente significativas entre temperaturas y no así para las semanas y días de maduración. La interacción entre las temperaturas de refrigeración, periodos de almacenamiento y las lecturas no fue significativa ($p \leq 0.0001$). La menor producción de CO₂ (305.89 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹; $p \leq 0.0001$) y etileno (1122.2 µL C₂H₄.kg⁻¹.h⁻¹; $p \leq 0.0001$) se logró a temperaturas de 6°C en la cual la apariencia externa e interna de todos los frutos se mantuvo aceptable a los 14 días de refrigeración (Imagen 7) y al menos el 50% de ellos la conservo después de 21 días. En segundo orden, los frutos almacenados a 10°C mostraron una mayor velocidad de respiración (406.12 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹; $p \leq 0.0001$) y producción de etileno (1543.1 µL C₂H₄.kg⁻¹.h⁻¹; $p \leq 0.0001$) con respecto a los del grupo anterior y solo el 50% de los frutos presentó buena apariencia después de 14 días,

mientras que a 21 días se deterioró el 80% aproximadamente. Por ultimo, el grupo de frutos que permaneció bajo 15°C tuvo la mayor velocidad en la producción de dióxido de carbono ($492.74 \text{ mL CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$; $p \leq 0.0001$) y producción de etileno ($2008.3 \text{ } \mu\text{L C}_2\text{H}_4.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$; $p \leq 0.0001$), esto fue suficiente para que los frutos maduraran tan solo en una semana de almacenamiento. Durante la segunda semana de almacenamiento a 15°C, la calidad aparente interna y externa fue completamente indeseable y la presencia de hongos fitopatógenos fue visible a (Imagen 8 y 9). En todos los casos, tanto la producción de etileno y CO_2 fue siempre más baja que la producción alcanzada por los testigos.



Imagen 8. Frutos de chinene después de la frigoconservación por 14 días a 6°, 10° y 15°C.



Imagen 9. Frutos de chinene después del almacenamiento a 15°C durante 14 días.

Por su parte, la pérdida de peso no solo tuvo diferencias altamente significativas entre temperaturas, sino también entre semanas y días de lectura a temperatura ambiente. Así, el almacenamiento a temperaturas de 6°C conservó el mayor porcentaje promedio de peso en el fruto (84.35%; $p \leq 0.0001$), seguido por los frutos almacenados a 10°C (79.85%; $p \leq 0.0001$) y finalmente aquellos que se mantuvieron a 15°C (72.79%; $p \leq 0.0001$) conservaron el menor porcentaje de peso promedio de fruto con relación al peso inicial. El periodo de refrigeración más corto y la menor temperatura en todos los casos contribuyó a la menor pérdida de peso, mientras que el más largo favoreció este parámetro y esto mismo ocurrió durante los días de evaluación a temperatura ambiente donde la pérdida de peso de fruto tuvo en promedio hasta el 66.88% ($p < 0.0001$) después de 7 días.

La resistencia de la cáscara a la penetración presentó un aumento paulatino pero significativo entre semanas de almacenamiento, que oscilaron en el rango de 13.4 N ($p \leq 0.05$) para la primera semana; 15.1 N ($p \leq 0.05$) en la segunda semana y de 18.8 N ($p \leq 0.05$) en la semana tres, esta última presentó frutos con la pulpa deshidratada y adherida a la semilla. Este endurecimiento de la cáscara presentado en la semana tres probablemente puede ser atribuido a la lignificación de la misma por la pérdida de agua y fue más evidente a temperaturas de 15°C. En contraparte, los frutos que permanecieron a 6° y 10°C en las dos primeras semanas no mostraron diferencias significativas manteniendo la firmeza por debajo de 15.6 N ($p \leq 0.05$) sin perder la humedad en pulpa. Además de lo anterior, de las tres lecturas tomadas por fruto, generalmente el extremo proximal fue el que se ablandó más rápidamente con respecto a la base del fruto (datos no mostrados).

Aparte de las pérdidas de agua, otra posible explicación del endurecimiento de la cáscara durante la frigoconservación puede atribuirse a los efectos del etileno acumulado durante tan largos periodos de tiempo en las cámaras de refrigeración, por ejemplo, Haard *et al.*, citado por Watada (1986) reportó que en espárragos expuestos por una hora a 100 ppm de etileno a 20°C causaron un incremento en la tasa de desarrollo de fibra y cambios dramáticos en la distribución de isoperoxidasa. De estos y otros resultados ellos concluyen que el etileno inicia la actividad de isoenzimas peroxidasa las cuales están involucradas en la lignificación. Por su parte, Saltveit (1999) señala que en el espárrago la exposición a etileno estimula el metabolismo de Fenilpropanoid (*phenylpropanoid*), la acumulación de compuestos fenólicos y la lignificación de los tejidos. Este aspecto aun no ha sido evaluado en frutos de chinene y se requieren de más estudios para definir si la

participación del etileno esta directamente relacionada con la lignificación de tejidos en chinenes.

Para los atributos de color, el máximo cambio se mostró a través de los periodos y las temperaturas de almacenamiento. De modo que tiempos de refrigeración cortos (una semana) preservaron mejor la apariencia externa e interna del fruto y al igual que en los testigos, la luminosidad y el croma fueron los atributos de color que cambiaron significativamente con cada periodo de almacenamiento, mientras que el ángulo de matiz solo mostró diferencias significativas en la primera semana y no así en las semanas dos y tres. El factor temperatura también influyó significativamente en el cambio de color, la temperatura de 6°C conservó la máxima luminosidad tanto en cáscara como en pulpa (26.1% y 41.5% respectivamente; $p \leq 0.05$), entre las temperaturas de 10° y 15°C no hubo diferencias en cáscara pero sí las hubo en pulpa, resultando más favorable la conservación a 10°C que a 15°C. El ángulo de matiz y el croma de la pulpa no fue afectado cuando los frutos permanecieron a 6° y 10°C, pero el deterioro observado fue significativo a temperaturas de 15°C. Por otra parte, el cambio en el ángulo de tono en cáscara, no fue estadísticamente significativo, mientras que la cromaticidad o pureza de color fue degradada conforme se elevó la temperatura de almacenamiento, esto último se reflejó directamente en la pérdida de color aparente del fruto a 15°C después de la primera semana de frigoconservación.

La concentración de aceites totales también fue afectada significativamente por la temperatura y el periodo de almacenamiento. Los resultados del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias arrojaron que la menor temperatura contribuyó a la

menor producción de aceites totales y esta fue incrementando conforme aumentó la temperatura de refrigeración (29.3%, 34.4% y 44.6% a 6°, 10° y 15°C respectivamente; $p \leq 0.05$). El periodo de almacenamiento que promedió la mayor cantidad de aceites totales fue el de 14 días (40.2%; $p \leq 0.05$), y se consideraron estadísticamente iguales a los periodos de 7 y 21 días (34.5% y 34.0% respectivamente; $p \leq 0.05$). No obstante se deberá evaluar el grado de calidad del aceite después de que el fruto haya sido sometido a dichos periodos y temperaturas de almacén, para determinar el grado de oxidación que pueda tener y la calidad de sus ácidos grasos. El cambio entre días de evaluación a temperatura ambiente no fue significativo.

El comportamiento del porcentaje de materia seca fue significativo entre temperaturas, donde la máxima diferencia se obtuvo a 6°C (44.8%; $p \leq 0.0001$), mientras que 10° y 15°C fueron estadísticamente iguales (38.1% y 37.4% respectivamente; $p \leq 0.0001$). Del mismo modo, el porcentaje de materia seca se redujo conforme se incremento el periodo de almacenamiento, así el %MS a 6°C disminuyó del 49.3% al 39.3% entre las semanas 1 y 3 respectivamente ($p \leq 0.0001$); a 10°C paso del 46.5% al 30.3% entre las semanas 1 y 3; y a 15°C disminuyó de 45.9% a 24.3% entre las semanas 1 y 3 respectivamente. Y al igual que la concentración de aceites totales, el cambio en el por ciento de materia seca durante los días de evaluación a temperatura ambiente no fue significativo.

Por último y de acuerdo a los resultados del análisis de varianza, la fibra cruda solo mostró diferencias significativas entre temperaturas de almacenamiento. La máxima concentración de fibra fue alcanzada cuando los frutos se sometieron a 15°C (6.6%;

$p \leq 0.05$), reduciendo este parámetro conforme la temperatura fue disminuida a 10° y 6°C (5.1% y 4.4% respectivamente; $p \leq 0.05$).

En conclusión, los atributos de calidad de fruto se conservaron mejor con temperaturas de almacenamiento de 6°C hasta por un periodo de 14 días. Altas temperaturas y periodos largos inducen la mayor pérdida de calidad expresada en altas tasas de respiración y producción de etileno, pérdida de peso de fruto, disminución del por ciento de materia seca y fibra cruda, degradación de color y endurecimiento de la cáscara, así como el incremento substancial en la producción de aceites totales como una posible consecuencia de los síntomas del envejecimiento de las membranas celulares que se presentan conforme avanza la maduración, evento en el cual la mayoría de los fosfolípidos son liberados de las membranas celulares y pueden ser fácilmente extraídos de la pulpa.

4.5. EXPERIMENTO 5. ANALISIS DE LA COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN LA PULPA DEL FRUTO

4.5.1. Evaluación de los ácidos grasos del chinene por análisis multivariado de la varianza

En la presente investigación el MANOVA fue utilizado para observar la variabilidad que existe en la concentración de ácidos grasos en la pulpa de frutos de chinene y determinar si las diferencias significativas encontradas están influenciadas por el día de lectura de muestra, la temperatura (°C), el periodo de almacenamiento (en semanas) y la interacción entre esos factores. En el Cuadro 6 se resume el conjunto de parámetros estadísticos arrojados por el MANOVA al evaluar el efecto de los tratamientos sobre la concentración de ácidos grasos.

Cuadro 6. Prueba de criterio y aproximación de F del análisis de varianza multivariado para el efecto del día de lectura de muestra, temperatura, periodo de almacenamiento y la interacción entre factores sobre el contenido de ácidos grasos.

	Valor	F	G.L.	Wilks' Lambda
				P>F
Días	0.875185	0.67	18	0.8406
Temperatura	0.849550	1.25	12	0.2554
Semanas	0.182536	19.66	12	0.0001
Interacción	0.532148	0.83	72	0.8390

Los resultados del MANOVA sugieren que existen diferencias altamente significativas entre los periodos de almacenamiento sobre la concentración de ácidos grasos en la pulpa de los frutos de chinene. Por otra parte, el efecto de los días de lectura y las temperaturas de almacenamiento así como la interacción entre días, temperaturas y periodo de almacén no fueron significativos ($P \leq 0.05$). En el Cuadro 7 se presentan los valores promedios de todas las variables medidas (ácidos grasos).

Cuadro 7. Promedios de la concentración de ácidos grasos entre periodos de almacenamiento evaluados en chinene y aguacate Hass.

Ácido Graso	HASS	CHINENE			
		SEM-0	SEM-1	SEM-2	SEM-3
Palmitico	16.04±1.9	19.92±4.3	18.86±3.1	17.43±2.5	13.7±1.1
Palmitoleico	5.97±0.9	4.41±1.9	4.09±1.1	3.6±0.9	1.62±0.2
Estearico	0.97±0.1	1.67±0.2	1.85±0.6	2.02±0.9	4.25±0.6
Oleico	60.29±3.6	68.76±12.3	68.06±4.7	69.66±4.1	75.67±1.5
Linoleico	9.52±1.6	6.72±0.9	6.39±1.1	6.03±1	4.2±0.3
Linolenico	0.79±0.1	0.58±0.1	0.61±0.1	0.58±0.1	0.44±0.04

'HASS'=Referencia comercial de aguacate 'Hass' a 25°C; SEM-0=Testigo de chinenes a 25°C; SEM-1,-2 y -3 = Primera, segunda y tercera semana de frigoconservación.

En relación a el Cuadro 7, el ácido oleico en chinenes debe resaltarse por su elevado porcentaje en comparación con el resto de los ácidos grasos presentes en los frutos en general y en relación con el aguacate 'Hass'. La importancia de dicho aceite se debe

principalmente a que el ácido oleico representa el 80% del total de ácidos grasos contenidos en el aceite de oliva, el 59% en el aceite de cacahuate y frecuentemente, en todos los tejidos de las plantas es acompañado por el ácido di-insaturado linoléico (Harborne, 1984). Puede notarse que el periodo de almacenamiento es directamente proporcional a los niveles de oleico, esto significó que al aumentó en el numero de semanas de almacenamiento de fruto afectó positivamente la concentración de ácido oleico, marcado por un incremento promedio aproximado del 6.91 % desde la etapa inicial de almacenamiento (testigo) hasta la semana tres de frigoconservación (21 días después). Esta misma tendencia la exhibe también el ácido esteárico. El segundo ácido graso de importancia fue el palmítico, que mostró la tendencia a reducir significativamente su concentración en pulpa conforme se incremento el tiempo de almacén. El ácido linoléico fue el tercero en importancia por su concentración en la pulpa y también sigue el mismo patrón de comportamiento presentado por el palmítico. Aunque el porcentaje de este aceite no es tan alto como el del oleico o el palmítico, el hecho de que represente ser el tercero en la tabla de clasificación tiene implicaciones importantes, esto se debe principalmente a que el ácido linoléico tiene una doble instauración dentro de su cadena de carbonos y es considerado esencial dentro del requerimiento dietético del hombre (Harborne, 1984; López, 2004). Por último, los ácidos grasos palmitoléico y esteárico fueron los que presentaron los porcentajes más bajos, además se encontraron algunas trazas de ácido linolénico el cual es tri-insaturado y también es esencial en la dieta humana (Harborne, 1984; López, 2004).

4.5.2. Evaluación de los ácidos grasos de chinene por análisis canónico discriminante

Debido a que el MANOVA no proporciona información sobre la relación entre las diferentes variables evaluadas (Cruz-Castillo *et al.*, 1994), fue necesario correr un análisis canónico discriminante para identificar que diferencias existen entre grupos de tratamientos y mejorar el entendimiento de la relación entre las variables medidas dentro de estos grupos. Los grupos fueron definidos *a priori* en base a los resultados proporcionados por el MANOVA, considerando como criterio principal de clasificación el periodo de almacenamiento más una temperatura específica. El total de grupos formados fueron 11 y se analizaron 6 variables dentro de cada grupo que corresponden a los ácidos grasos de importancia encontrados en los frutos de chinenes y aguacate Hass. El máximo número de funciones canónicas discriminantes (FCD's) obtenidas fueron equivalentes al número de variables. Esto es debido a que el máximo número de FCD's es igual al número de variables medidas o uno menos el número de grupos, dependiendo de cual sea el valor más pequeño (Cruz-Castillo *et al.*, 1992; Cruz-Castillo *et al.*, 1994a y 1994b; Cruz-Castillo *et al.*, 1997; Cruz-Castillo *et al.*, 1999).

Las dos primeras FCD's acumularon el 97.67% de la variación total entre los grupos con respecto a la variación dentro de cada grupo (Cuadro 8). El eigenvalor de la FCD1 explicó el 75.31% de la variación entre los grupos de chinenes con respecto a la variación colectada dentro del grupo, y la FCD2 estimó el 22.36%, mientras que el resto de las FCD's obtuvo niveles de variación no significativos.

Cuadro 8. Coeficientes canónicos entre las dos principales funciones canónicas discriminantes (FCD's) y las variables respuesta aplicadas a los grupos de individuos.

VARIABLE	FCD1	FCD2	FRUTOS
(Ácido graso)			
Palmitico	0.100685	0.754252	12
Palmitoléico	0.724546	0.515779	12
Esteárico	-0.645337	-0.744443	12
Oléico	-0.656664	-0.342908	12
Linoléico	0.871332	0.364290	12
Linolénico	0.743958	0.349006	12
Eigenvalor	8.7566	2.6002	12
% de la variación explicada	75.31	22.36	-----
% de la variación acumulada	75.31	97.67	-----
Wilks' Lambda P>F	0.0001	0.0001	-----

Los valores de los coeficientes canónicos para la FCD1, indican que la discriminación de los grupos de frutos estuvo fuertemente influenciada en primera instancia, por altas concentraciones de ácidos grasos palmitoléico, linoléico, linolénico y bajas cantidades de oleico y esteárico. El único grupo de frutos que mostró corresponder directamente con estas características fue el grupo del aguacate 'Hass' que obtuvo el único valor positivo más alto de entre las medias calculadas para esta FCD (Cuadro 9). Por el contrario, el grupo de frutos de chinene almacenados durante tres semanas - independientemente de la temperatura-, acumularon el mayor porcentaje de aceite oleico

y esteárico y expresaron bajos niveles de palmitoléico, linoléico y linolénico. Esta cualidad resulta de interés particular en la industria de extracción de aceites y en la industria de los cosméticos, al respecto se ha reportado que el ácido esteárico puede ser útil en la fabricación de velas y algunas otras ceras, mientras que el aceite oleico tiene utilidad en la elaboración de jabones (Human, 1987) Además, este último ha sido relacionado con algunos efectos benéficos sobre el estado de la salud humana, principalmente por su efecto reductor de los niveles de colesterol en el cuerpo y la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares (López, 2004).

Cuadro 9. Valores medios de las dos funciones canónicas (FCD) para los 11 grupos de tratamientos evaluados.

GRUPO	FCD1	FCD2
Testigo Hass a 25°C –Semana 0	7.313546	-1.223562
Testigo chinene a 25° -Semana 0	-0.160672	1.632002
Chinenes a 10°C –Semana 1	-0.443398	1.085713
Chinenes a 15°C –Semana 1	-0.814323	1.115283
Chinenes a 6°C –Semana 1	-0.309676	1.657800
Chinenes a 10°C –Semana 2	-0.945242	0.178012
Chinenes a 15°C –Semana 2	-0.045709	1.378938
Chinenes a 6°C –Semana 2	-0.291290	1.201053
Chinenes a 10°C –Semana 3	-2.227132	-2.130735
Chinenes a 15°C –Semana 3	-2.478699	-2.117193
Chinenes a 6°C –Semana 3	-2.167026	-2.128146

La segunda función canónica discriminante (FCD2) expresa un menor nivel de variabilidad con respecto a FCD1. De acuerdo a los coeficientes, esta función está principalmente influenciada por un elevado porcentaje de ácidos grasos saturados (palmítico y palmitoléico), que aunque pueden ser considerados nocivos a la salud humana, usos alternos de estos aceites son reportados por la industria para la elaboración de ceras, pastas, pinturas, cosméticos, entre otras (Human, 1987; Sosa, 1989). Los chinenes almacenados por periodos de tiempo relativamente cortos (0, 1 y 2 semanas), independientemente de la temperatura, presentaron la mayor capacidad de discriminación entre grupos de acuerdo a los valores medios obtenidos para cada tratamiento (Cuadro 9). En contraparte, los frutos de aguacate 'Hass' que se agruparon en esta función, tienen la menor concentración de ácido palmítico y palmitoléico, con altas concentraciones de ácido esteárico. Esta última tendencia también la exhiben los chinenes que permanecen bajo almacenamiento por periodos superiores a tres semanas, indiferentemente de la temperatura. Por lo tanto puede asumirse que existe la tendencia de reducir significativamente la concentración del aceite palmítico y palmitoléico en la pulpa del fruto conforme incrementa el periodo de almacenamiento, mientras que el porcentaje de ácido esteárico incrementa seguido en menor proporción por el oleico, linoléico y linolénico.

En la Figura 10 se representa gráficamente la discriminación entre funciones canónicas. La FCD1 podemos nombrarla como una función de la concentración de ácidos grasos palmitoléico, linoléico y linolénico, donde el grupo de los frutos de aguacate Hass se separa notablemente de los chinenes y se ubica predominantemente a la derecha de la gráfica con los valores más altos en dichos parámetros. Por su parte, los

chinenes se separan en dos grupos distintos que parecen estar ligados más bien a la influencia ejercida por la FCD2 cuyo efecto en la concentración de ácidos grasos en pulpa de chinene mostró diferir entre periodos de almacenamiento principalmente más que entre temperaturas. Así mismo puede observarse en la gráfica que el grupo ubicado en el sector centro-arriba corresponde a aquel que mostró concentraciones relativamente altas de palmítico y palmitoléico durante las dos primeras semanas de almacenamiento, mientras que el grupo situado en la esquina inferior izquierda de la gráfica fue el que mejor representó a los porcentajes de ácidos grasos altos en oleico y esteárico durante periodos de almacenamiento prolongados (tres semanas).

Finalmente se puede concluir que de los 11 grupos creados *a priori*, considerando como criterio principal el periodo y la temperatura de almacenamiento, se agruparon dos funciones canónicas que permitieron realizar la mejor discriminación entre tratamientos y ayudaron a mejorar el entendimiento de la relación entre las variables medidas sobre esos grupos. Así, fue posible observar que la temperatura no fue un factor determinante que influenciara en la concentración de ácidos grasos de la pulpa del chinene, pero si lo fue el periodo de almacenamiento.

Comportamiento de los acidos grasos en Chinenes

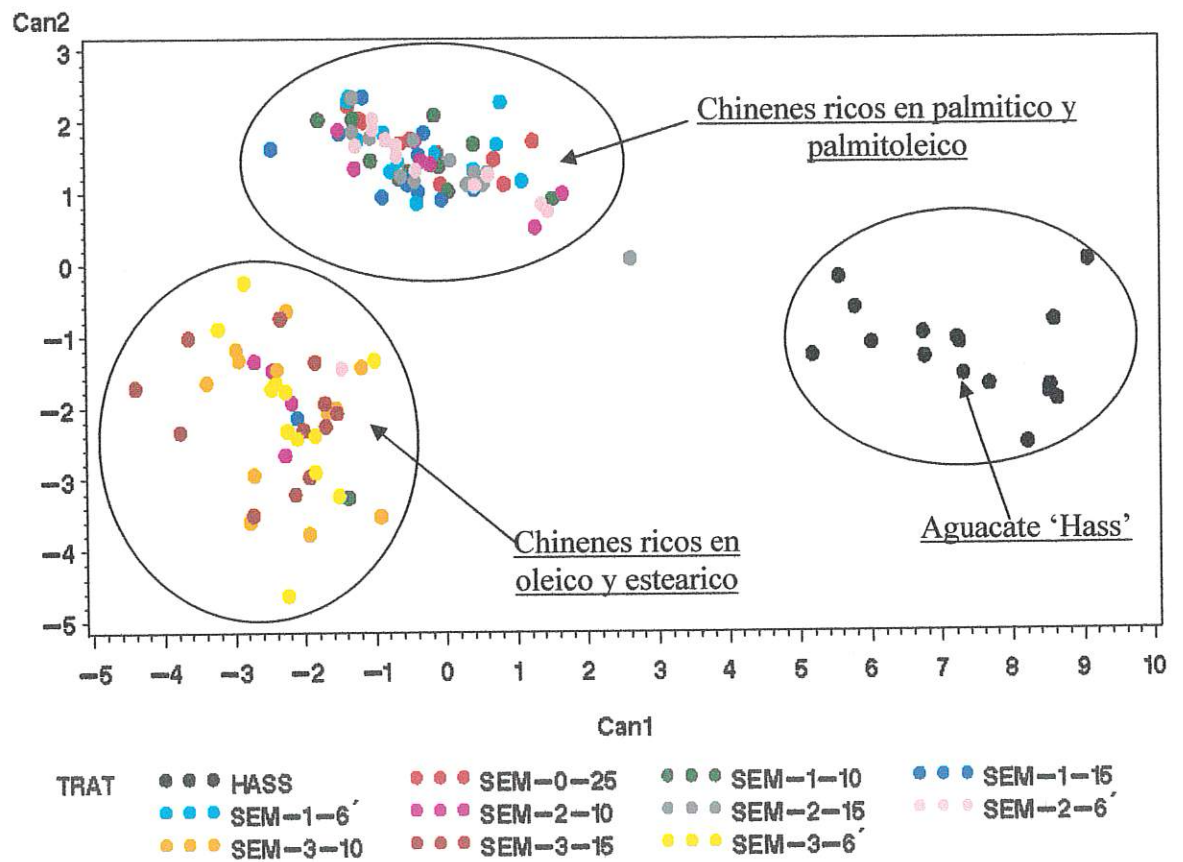


Figura 10. Representación gráfica de la discriminación o separación entre grupos arrojada por las FCD's 1 y 2.

4.6. EXPERIMENTO 6. PATÓGENOS DE IMPORTANCIA EN POSTCOSECHA QUE AFECTAN AL CHINENE DURANTE LA VIDA DE ALMACÉN

Al igual que como ocurre en aguacate, la calidad del chinene se disminuye durante el proceso de empaque y comercialización, sobre todo cuando se traslada a sitios distantes fuera de su área de producción para alcanzar mejores mercados. Antes y durante este trayecto ocurren daños y lesiones ocasionadas por golpes, abrasiones, punciones y compresiones, entre otras, originados por un manejo inadecuado durante la cosecha y empaque. Dichos daños solo se detectan hasta el mercado.

Uno de los principales problemas comunes que afectan la calidad de los frutos de chinene en el mercado es la presencia de enfermedades. Para el caso de aguacate, por ejemplo, las enfermedades bióticas que afectan la vida postcosecha son principalmente y en orden de importancia: a) la antracnosis cuyo agente causal es *G. cingulata* en su amorfo *Colletotrichum gloeosporioides*; b) Pudrición basal o del pedicelo del aguacate, ocasionada por *Botryosphaeria parva* y *B. dothidea* en sus amorfos *Lasiodiplodia theobromae* y *Dothiorella aromatica* y *D. gergaria*. Otros patógenos asociados son *Thyronectria pseudotrichia*, *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp., *Pestalotiopsis* sp. y *Rhizopus* sp. (Kader, 2002; Acosta-Ramos, 2004).

Durante los estudios de caracterización del proceso de maduración en chinenes descritos en los experimentos 3, 4 y 5 de éste capítulo, se observó la presencia de algunas enfermedades mencionados en el párrafo anterior y que causaron daños

significativos tanto en la calidad visual alterando la apariencia del fruto como en la calidad interna acelerando los procesos de maduración y senescencia. Los daños por hongos en chinenes fueron categorizados en tres enfermedades principales las cuales correspondieron con el mismo orden de importancia que en el caso del aguacate, señaladas anteriormente. Los detalles y las observaciones respecto a cada una de ellas se describe a continuación.

4.6.1. Antracnosis

Esta enfermedad fue considerada la más altamente agresiva a los frutos de chinene y fue la única identificada a nivel de género, primeramente por su sintomatología y posteriormente corroborada con evaluaciones en laboratorio. Una muestra de fruto infectado fue trasladada al laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se aisló parte del tejido infectado en cajas de petri con medio de cultivo PDA para favorecer el desarrollo del hongo hasta la esporulación. Los resultados identificaron al hongo dentro del género *Colletotrichum* sp. La especie no fue definida y estudios más especializados en este tema serán requeridos para definirla.

Sintomatología y daños: En el fruto se presentó como una especie de varicela en una serie de manchas corrugadas superficiales, que con las condiciones de temperatura ambiente (temperatura de laboratorio $25 \pm 2^\circ\text{C}$) y humedad relativa del puerto de Veracruz, el síntoma crece hasta tomar el aspecto de viruela. Las lesiones se presentan de color café y se oscurecen conforme el fruto avanza en la maduración, normalmente

circulares con un diámetro aproximado de 0.2 a 0.5 mm, que también aumenta paulatinamente hasta fusionarse con otras manchas cercanas para formar una más grande, concéntrica y hundida, que es el aspecto típico de la antracnosis. La infección se mostró latente durante los periodos de frigoconservación del fruto a 6° y 10°C, pero avanzó a temperaturas de 15°C y la latencia se reactivó cuando los frutos se expusieron a maduración a temperatura ambiente llegando a invadir la pulpa y acelerando el deterioro de la misma en muy corto tiempo, ésta se torna de color café opaco y seco (Imagen 9 y 10).

Epidemiología: Es probable que este hongo provenga directamente de campo y que sea adquirido por el fruto cuando es cosechado o por algún vector. De acuerdo con Hindorf (2000) la dispersión del conidio imperfecto (la principal fuente de infección), toma lugar primeramente por la lluvia y en segunda por la acción de vectores tales como insectos, semillas infectadas, cosechadores, personas relacionadas con el manejo de huerto y embalaje, entre otras. El tejido hospedante puede ser invadido por la penetración directa en un lapso de 24 a 28 horas o indirectamente por el tubo germínico dentro de las heridas. La infección causa inicialmente una respuesta hipersensible en las células adyacentes del hospedante produciendo pequeñas manchas rojizas o cafés, las cuales en muchos casos permanecen latentes hasta que el fruto comienza a madurar o hasta que se presenten las condiciones favorables para que los síntomas típicos de la antracnosis puedan desarrollarse, y para ello la producción de conidios requiere temperaturas de 25° a 30°C y humedades relativas altas o en su defecto un tejido hospedante que sea lo convenientemente húmedo -tal es el caso del chinene-.

4.6.2. Pudrición basal o del pedúnculo

Dada la dificultad para el aislamiento de este complejo de hongos, no fue posible identificar los géneros de ellos en laboratorio. Sin embargo es posible que entre los géneros relacionados, en base a la sintomatología, se encuentren *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp. y *Dothiorella* sp. Nuevamente es pertinente recomendar ampliar la investigación en este campo para identificar el complejo de hongos que causen esta enfermedad.

Sintomatología y daños: La pudrición basal del fruto comienza con un cambio de color verde a oscuro castaño en el pedúnculo, que posteriormente cambia a negro e invade la pulpa, este síntoma avanza hacia el interior formando un micelio blanquecino a grisáceo y causando la necrosis de todo el tejido de alrededor. Con el avance de la maduración del fruto el hongo llega a la semilla y esta también es afectada (Imagen 11 y 12). Al igual que la antracnosis, esta enfermedad permaneció latente cuando estuvo expuesta a temperaturas de 6° y 10°C, para luego reactivarse cuando los frutos fueron colocados a 25°C. El avance también fue progresivo a temperaturas de 15°C.

Epidemiología: Una observación peculiar fue realizada durante la fase experimental, todos aquellos frutos en evaluación que no traían desde campo adherido el pedúnculo fueron los que mayormente sufrieron el ataque de esta enfermedad, y algunos más fueron contaminados en laboratorio por diseminación de conidios en frutos lesionados o que con el transcurso de la maduración perdieron el pedúnculo dejando la pulpa expuesta. De acuerdo con Acosta-Ramos (2004), la diseminación de los conidios causantes de la pudrición basal se da por el viento y la lluvia, la infección ocurre

probablemente por la inflorescencia, colonizando endofíticamente el tejido del pedúnculo, antes de la cosecha. En relación a este proceso de infección, es probable que las condiciones de laboratorio hayan propiciado la diseminación de los conidios a través del aire acondicionado que mantenía la temperatura constante o incluso dentro de las cámaras de refrigeración cada vez que los frutos eran monitoreados.

4.6.3. Patógenos secundarios

Dentro de este grupo, dos fueron los que se identificaron: *Rhizopus* sp. y *Penicillium* sp. y se les clasifico como hongos secundarios u oportunistas dado que por si solos no atacan al fruto de chinene debido a la resistencia y grosor de la cáscara, sino mas bien hasta que se presenta un punto de entrada a la pulpa que puede ser una abrasión, una cortada o punción, principalmente causada al momento de la cosecha o durante el transporte.

Sintomatología: El primero hongo, *Rhizopus* sp. fue identificado por el abundante crecimiento miceliar de tipo algodonoso y grisáceo que lo caracteriza y más que un hongo facultativo, presentó hábitos saprofitos atacando en principio las zonas ya dañadas del fruto, para posteriormente invadirlo por completo. El daño solo fue visible en pulpa sin afectar cáscara ni semilla, por lo que el avance del hongo no fue posible mientras la pulpa no estuvo expuesta. *Penicillium* sp. tuvo una presencia más limitada, fue encontrado solo en unos pocos fruto como manchas algodonosas o miceliares pequeñas y aisladas de color verde agua a turquesa, que a diferencia de *Rhizopus* sp. el crecimiento solo se limitó a las áreas afectadas del fruto sin avanzar más allá, es decir, si

la herida abarcaba un radio de 0.2 cm el hongo solo invadía esa zona y no prosperaba más allá de ese sitio.

Epidemiología: Probablemente las condiciones de laboratorio propiciaron la diseminación de conidios al igual como se explico para la pudrición basal, sin embargo, debe aclararse que para el caso de *Penicillium* sp., probablemente este no se haya adquirido en campo sino más bien en el mismo laboratorio, dado que otros frutales y alimentos en general fueron evaluados en el mismo periodo experimental y estos representaron la principal fuente contaminante.

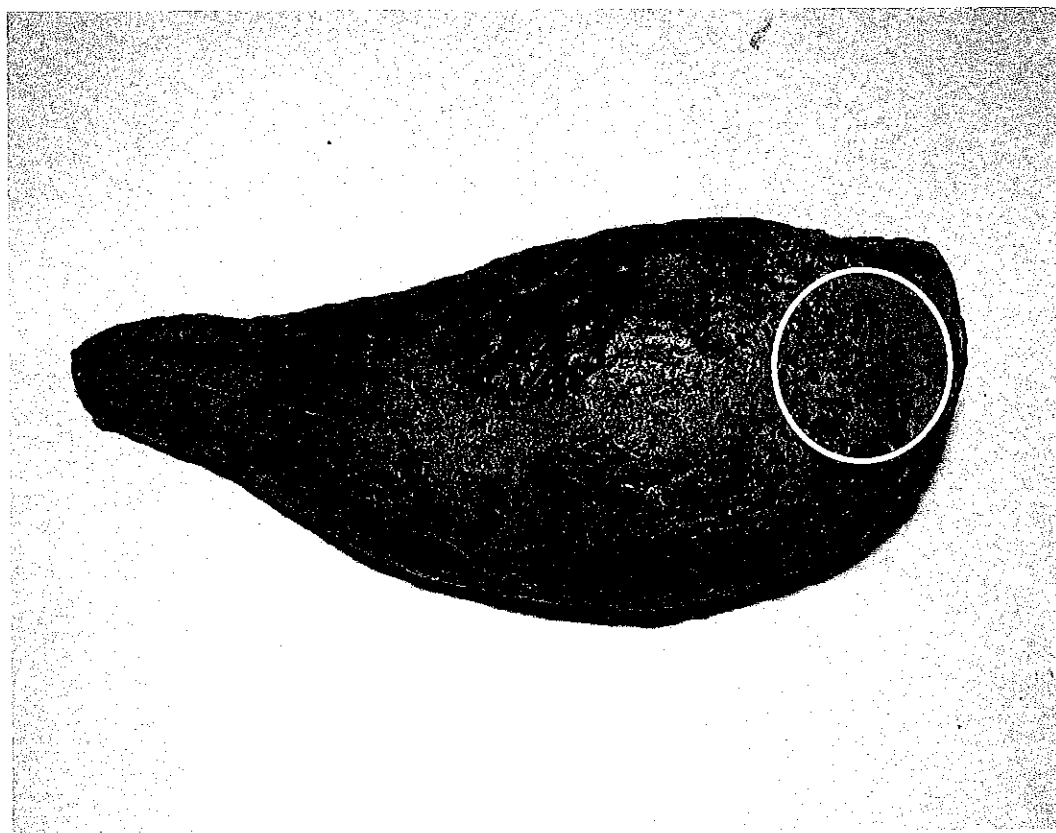


Imagen 10. Fruto de chinene dañado por *Colletotrichum* sp.



Imagen 11. Antracnosis en chinene causada por *Colletotrichum sp.*



Imagen 12. Pudrición del pedicelo en chinene.



Imagen 13. Pudrición del pedicelo avanzada a toda la pulpa y semilla de un fruto de chinene.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. EXPERIMENTO I. Exploración frutícola del chinene:

Existen diferencias inherentes a los frutos de chinenes que permiten su clasificación en tres grupos principales: a) los frutos del tipo “cuello de botella”, que representaron al grupo más atractivo al consumidor por tener un gran tamaño y cantidad de pulpa, de color variable pero que potencialmente podrían competir en el mercado con algunas de las variedades comerciales de aguacate como el ‘Hass’ y ‘Fuerte’ por sus atributos de calidad frutícola; b) el grupo de los ovoides y los redondos, con color de cáscara predominantemente verde y que se caracterizan por ser frutos pequeños con poco peso de semilla, cáscara delgada, poca proporción de pulpa y poco atractivos para su consumo; y c) frutos en forma del tipo periforme-ovoide, de abundante pulpa y con color de cáscara predominantemente café, con cierto parecido a las variedades comerciales ‘Hass’ y ‘Fuerte’ y potencialmente comercializables.

En los resultados del análisis de componentes principales el tamaño, la forma y el color fueron los parámetros que mejor se relacionaron con los atributos de calidad de la fruta, sin embargo, se recomienda que en futuras investigaciones sean el tamaño y la forma considerados como los criterios de caracterización principal de la fruta puesto que estos parámetros no cambian una vez alcanzada la madurez fisiológica, no obstante el

color tiende a cambiar durante el proceso de maduración y puede influir de manera diferente en la percepción visual del evaluador.

Se recomienda en futuras investigaciones ampliar el número de muestras de fruta y de localidades de colecta con la intención de corroborar la clasificación propuesta y/o encontrar un nuevo tipo de clasificación de fruto. Así mismo, es recomendable incluir un panel de evaluación sensorial que permita identificar desde el punto de vista del consumidor cuales son los atributos generales ideales que se desean de un tipo de fruto de chinene en particular.

5.2. EXPERIMENTO II. Crecimiento de los frutos de chinene:

El patrón de crecimiento de los frutos de chinene corresponde al tipo simple sigmoide, caracterizado por un incremento rápido y progresivo en el crecimiento acumulado del fruto (longitud y diámetro) hasta alcanzar un punto de estabilización alrededor de los 91 días después del amarre de fruto, momento en el cual el crecimiento se detiene para dar inicio a otros procesos fisiológicos. Este momento fue considerado como la “madures fisiológica” de los frutos de chinene.

El número de frutos en la copa del árbol y algunos factores ambientales como las granizadas pueden afectar el tipo de crecimiento normal (sigmoide) ocasionando altibajos en la curva de velocidad de crecimiento. Es recomendable un buen programa de

manejo agronómico que involucre podas de ramas, flores y raleos de frutos para conseguir un periodo de fructificación más homogéneo.

Durante la fase comprendida entre el amarre de fruto y el momento de madurez fisiológica (91-97 días) se acumula un aproximado de 1,635 unidades calor y este parámetro puede ser utilizado como un índice de cosecha preliminar para frutos de chinene. Sin embargo, es recomendable que estos parámetros sean evaluados por lo menos durante cuatro temporadas de producción y que se amplíe el número de localidades para asegurar la credibilidad y estabilidad en la precisión de la predicción de la fecha de corte, en relación con otros atributos bioquímicos del fruto como son el porcentaje de aceites y el porcentaje de materia seca para poder establecer un índice de cosecha en base a un mínimo de madurez aceptable comercialmente y no solo en base a la cronología del cultivo lo cual puede incurrir en un índice bastante subjetivo.

El principal problema detectado durante el crecimiento de los frutos de chinene fue la presencia de plagas nocivas. La más importante de ellas fue identificada como *Heilipus lauri*, la cual merma la cantidad de fruta cuando se presenta en etapas tempranas del crecimiento y afecta la calidad postcosecha cuando ataca en etapas más avanzadas. Otras plagas identificadas como el barrenador de ramas (*Copturus perseae*) y a la agalla de la hoja (*Trioza anceps*), también merman la cantidad y la calidad de la fruta dado entorpecen el flujo de agua, nutrientes y fotosintatos al dañar los tejidos donde ocurre la síntesis y el transporte de estos compuestos.

5.3. EXPERIMENTO III. Cambios físicos, químicos y fisiológicos relacionados con el proceso de maduración:

Debido a la elevada tasa de producción de etileno y CO_2 durante la maduración, los frutos de chinene deben ser considerados como frutos climatéricos altamente perecederos.

El mayor pico de producción de CO_2 y etileno ubicado al tercer día después de la cosecha fue principalmente el que estimuló la mayoría de los cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos en frutos de chinene y este momento fue definido como el punto de “madurez hortícola” o “madurez de consumo”.

Inmediatamente después de la elevación climatérica de los frutos de chinene ocurren cambios que deterioran la calidad frutícola tales como la decoloración de la cáscara y pulpa, la mayor pérdida de agua, materia seca, resistencia a la penetración y fibra cruda, así como el punto de máxima acumulación de aceites totales. Este momento fue definido como el inicio de la “senescencia” o el envejecimiento y muerte de la fruta.

Para minimizar el grado de deterioro es recomendable controlar algunos factores de la atmósfera circundante a los frutos, como por ejemplo, la combinación de humedades relativas altas (90-95%) con bajas temperaturas (5-6°C). Esto podría alargar la vida postcosecha del chinene por más de tres semanas (21 días), retardando así el

envejecimiento del fruto y permitiéndole viajar a mercados más distantes y competitivos.

Los atributos nutricionales inherentes al fruto de chinene demostraron ser más altos que los del aguacate Hass, promediando mayores concentraciones de aceites totales, fibra cruda. Por tal razón es recomendable el uso de esta fruta nativa integrándola directamente en la dieta humana o buscar el posible valor agregado a través de la industria de los alimentos y de extracción de aceites. Este hecho permitirá que los productores cafetaleros de las zonas rurales del estado de Veracruz y de toda Centroamérica en general puedan mejorar el ingreso neto de sus fincas mediante la comercialización de chinenes.

5.4. EXPERIMENTO IV. Frigoconservación de frutos de chinene:

Los atributos de calidad de fruto en chinenes se conservaron mejor con temperaturas de almacenamiento de 6°C hasta por un periodo de 14 días.

Altas temperaturas y periodos largos inducen la mayor pérdida de calidad expresada en altas tasas de respiración y producción de etileno, deshidratación de fruto, disminución en el porcentaje de materia seca y fibra cruda, degradación de color y endurecimiento de la cáscara, así como el incremento substancial en la producción de aceites totales como resultado del envejecimiento de las membranas celulares en la pulpa de los frutos.

Las altas temperaturas acompañadas de periodos largos de conservación favorecen el desarrollo de hongos fitopatógenos que aceleran el deterioro de la calidad de los frutos de chinene.

5.5. EXPERIMENTO V. Análisis de la composición de ácidos grasos en la pulpa del fruto:

El periodo de almacenamiento fue el único parámetro de evaluación que influyo significativamente sobre la concentración de ácidos grasos en pulpa de chinene, mientras que los días de lectura y las temperaturas de almacenamiento no afectan dicha concentración.

La pulpa de chinene presentó el mayor porcentaje de aceite oleico con relación al aguacate 'Hass' en todos los periodos de almacenamiento y con valores promedio superiores a los contenidos en el aceite de oliva. Dicho aceite ha sido recomendado por sus efectos benéficos sobre la salud humana al reducir riesgos por enfermedades cardiovasculares.

El análisis canónico discriminante de la concentración de ácidos grasos en pulpa de chinene arrojó dos funciones canónicas discriminantes (FCD) con el 97% de la variación entre grupos, donde la primera FCD está representada por el grupo de frutos de aguacate 'Hass' con elevadas concentraciones de ácidos palmitoléico, linoléico y linolénico, así como por el grupo de frutos de chinene almacenados durante 3 semanas -

independientemente de la temperatura- ricos en ácidos grasos oleico y esteárico. La segunda FCD agrupo a chinenes que fueron almacenados por periodos de tiempo relativamente cortos (0, 1 y 2 semanas) y que mostraron un elevado porcentaje en ácidos grasos saturados como son el palmítico y palmitoléico, así como aquellos frutos de aguacate 'Hass' que presentaron un alto contenido de ácido esteárico.

El elevado porcentaje de aceite oleico (68-75%) encontrado en chinenes sobre el del aguacate 'Hass' (60%) permite recomendar el consumo de frutos de chinene como parte de la dieta humana. Por otra parte, también es posible recomendar el uso de los frutos de chinene como fuente oleaginosa para la industria de extracción de aceites y de elaboración de cosméticos, jabones, ceras, pinturas, entre otras que podrían reducir sus costos en la compra de materia prima, estableciendo convenios de compra venta con los dueños de las fincas cafetaleras. Este evento podría a mediano plazo estimular el interés del gobierno para la creación de paquetes tecnológicos y programas de desarrollo rural, que permitan el financiamiento para la creación de nuevas plantaciones de chinenes como especie cultivada

5.6. EXPERIMENTO VI. Patógenos de importancia en postcosecha que afectan al chinene durante la vida de almacén:

Dos enfermedades fueron identificadas como principales durante toda la vida postcosecha del chinene: la antracnosis cuyo agente causal fue identificado como *Colletotrichum* sp.; la pudrición basal o del pedúnculo ocasionada por un complejo de

hongos probablemente del género *Fusarium* sp. y *Rhizopus* sp. Estas enfermedades son las mismas que afectan a los frutos de aguacate y presentan el mismo orden de importancia por la magnitud del daño causado en chinene.

Un par de hongos de importancia secundaria también fueron reconocidos: *Rhizopus* sp. y *Penicillium* sp. Estos dos hongos secundarios solo afectaron a aquellos frutos que de alguna manera presentaban alguna lesión, por lo que se les consideró más bien como invasores y que posiblemente fueron adquiridos por contaminación dentro del laboratorio.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Ramos, M. 2004. Patología del aguacate y su manejo en postcosecha. Congreso Nacional Agroindustrial. Memorias [CD-ROM]. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Arzani, Kazem. 1994. Horticultural and physiological aspects of vigour control in apricot (*Prunus armeniaca* L.) under orchard and controlled environment conditions. Part I. Thesis of Doctor of philosophy (Ph.D.). Massey University. New Zealand. pp. 74-170.
- Awad, M.; R.E. Young. 1979. Postharvest variation in cellulose, polygalacturonase, and pectinmethylesterase in avocado (*Persea Americana* Mill, cv. Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production. *Plant Physiol.* 64:306-308.
- Awad, M.; R.E. Young. 1980. Avocado pectinmethylesterase activity in relation to temperature, ethylene and ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(5):638-641.
- Barrientos-Priego, A.F.; M.W. Borys; A.D. Ben-Ya'acov; L. López-López; M. Rubi-Arriaga; G. Bufler; A. Solís-Molina. 1995. Progress of the study on the avocado

genetic resources: the findings from the Mexican Gulf region. Program and book of abstracts of the Word Avocado Congress III. Tel Aviv, Israel.

Ben Ya'acov, A.; E. Martínez; C. Mas. 1995(a). Progress of the study on the avocado genetic resources: the avocado genetic resources in Guatemala. Program and book of abstracts of the Word Avocado Congress III. Tel Aviv, Israel.

Ben Ya'acov, A.; A. Solís M.; E. Peri. 1995(b). Progress of the study on the avocado genetic resources: the avocado genetic resources in Costa Rica. Program and book of abstracts of the Word Avocado Congress III. Tel Aviv, Israel.

Brady, C.J. 1987. Fruit ripening. Annual Review of Plant Physiology. 38:155-178.

Brown, B.I. 1983. Maturity indices and sensory properties of avocados. Australian Horticultural Research Newsletter. 55:101.

Cabrera H., C. 2005. Caracterización morfológica (vegetativa y reproductiva) de colectas del género *Persea* en un banco de germoplasma. Tesis profesional. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 67 pp.

Calderón-Díaz, J.H. 1999. Tristeza del aguacate (*Phytophthora cinnamomi* Rands). Tikalia 18(2):101-115.

- Campos-Rojas, E. 2004. Estrategias para el mejoramiento genético del aguacatero (*Persea americana* Mill.). XVII curso de actualización frutícola. Memorias [CD-ROM]. Fundación Salvador Sánchez Colín CITAMEX, S. A. Coatepec Harinas, México.
- Caro, R., N.P. 1998. Estudios de índice de madurez en frutos de palto (*Persea americana* Mill) var. Hass en distintas localidades de Chile. Tesis. Escuela de Agronomía. Universidad de Chile. 57p.
- Cruz-Castillo, J.G.; B.R. MacKay; G.S. Lawes; D.J. Woolley. 1992. Canonical discriminant analysis in kiwifruit rootstock research. *Acta Horticulturae* 313: 143-148.
- Cruz-Castillo, J.G. 1994. Aspects of fruit growth and rootstock/scion influence on field performance in kiwifruit (*Actinidia deliciosa* (A. Chev) C.F. Liang et A.R. FERGUSON var *deliciosa*). Thesis of Doctor of Philosophy. Massey University. Palmerston North, New Zealand. pp. 15-23.
- Cruz-Castillo, J.G.; S. Ganeshanandam; B.R. Mackay; G.S. Lawes; C.R.O. Lawoko; D.J. Woolley. 1994. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. *HortScience* 29(10): 1115-1119.
- Cruz-Castillo, J.G.; D. Hernández P. 1996. La guerra del aguacate: un episodio inconcluso. *El Financiero*. Febrero 1. p. 7.

Cruz-Castillo, J.G.; G.S. Lawes; D.J. Woolley; S. Ganesh. 1997. Evaluation of rootstock and 'Hayward' scion effects on field performance of kiwifruit vines using a multivariate analysis technique. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 25:273-282.

Cruz-Castillo, J.G.; P.A. Torres-Lima; J.A. Torres-Rivera; V. Domínguez-Martínez. 1999. El análisis multivariado en la selección de frutales con características hortícolas sobresalientes. Curso Internacional de Actualización frutícola. XII Curso Internacional de Actualización "La importancia del mejoramiento genético en frutales". Memorias. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. pp: 27-37.

Cruz C., J.G.; P.A. Torres L. 2001. Adaptación de frutales caducifolios. Revisión comparativa de Guatemala y Veracruz, México. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. 2(1): 63-73.

Cruz-Castillo, J.G.; F. Rodríguez-Bracamontes; D. Domínguez-Monzón; O. A. Del Angel-Coronel. 2004(a). Chinene, Nispero, Feijoa y Zapote Verde, frutales a promover en las Regiones Cafetaleras de Veracruz. XVII curso de actualización frutícola. Memorias [CD-ROM]. Fundación Salvador Sánchez Colín CITAMEX, S. A. Coatepec Harinas, México.

Cruz-Castillo, J.G; M. Sumano G.; J. De La Cruz M.; N. Peña C.; F. Rodríguez B.; G. Palacios E.; L. Martínez B. 2004(b). El chinene (*Persea schiedeana* Nees),

buscando su valoración en el México contemporáneo. Revista Aquí Centros Regionales. Publicación periódica de la Dirección de Centros Regionales. Universidad Autónoma Chapingo. 37:5-7.

Cruz-Castillo, J.G.; J. De La Cruz M.; F. Rodríguez B.; O.A. Del Angel C.; M.C. Joaquín M. 2005. El Chinene (*Persea schiedeana* Nees), buscando su valoración frutícola en los trópicos. XVIII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria. Memorias [CD-ROM]. Boca del Rio, Veracruz, México.

Del Angel C. O.A.; M.C. Joaquín M.; J.G. Cruz C.; J. De La Cruz M.; J.A. Ortiz P. 2006(a). Cambios fisicoquímicos y fisiológicos durante la maduración de frutos de chinene (*Persea schiedeana* Nees). IX Congreso Nacional Agronómico. Memorias [CD-ROM]. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Del Angel C., O.A.; M.C. Joaquín M.; J.G. Cruz C.; H.S. García; J. De La Cruz M. 2006(b). The chinene (*Persea schiedeana* Nees): in search of its value as fruit. Institute of Food Technologists Annual Meeting + Food Expo. June 24-28. Orlando, Florida, U.S.A. (Aprovado para su publicación el 27 de Junio de 2006 y disponible en internet a través de: www.ift.org)

Díaz-Montenegro, D.H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor S.A. México, D.F. 390 pp.

- Díaz-Pérez, J. C.; S. Bautista; R. Villanueva. 2000. Quality changes in zapote mamey fruit during ripening and storage. *Postharvest biology and technology* 18:67-73.
- Feister, D. 1949. The coyo: a root stock for the avocado?. *California Avocado Association Yearbook*. 34:27-31.
- Francis, F.J. 1980. Color quality evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15(1):58-59.
- Gabor, B.K.; F.B. Guillemet; M.D. Coffey. 1990. Comparison of field resistance to *Phytophthora cinnamomi* in twelve avocado rootstocks. *HortScience* 25(12):1655-1656.
- Gaffney, J.J. 1978. Humidity: Basic principles and measurements techniques. *HortScience* 13(5):551-555.
- Golan, A.; V. Kahn; A.Y. Sadovski. 1977. Relationship between polyphenols and browning in avocado mesocarp. Comparison between the Fuerte and Lerman cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, 25(6):1253-1259.
- Gortner, W.A.; G.D. Dull; B.H. Krauss. 1967. Fruit development, maturation, ripening, and senescence: a biochemical basis for horticultural terminology. *HortScience* 2(4):141-144.

Goss, H. 1923. Standardization of the avocado. California Avocado Association Yearbook 9:14-15.

Grierson, W.; W.F. Wardowski. 1978. Relative humidity effects on the postharvest life of fruits and vegetables. HortScience 13(5):570-574.

Griswold, H.B. 1945. The 'Hass' avocado. California Avocado Socitey Yearbook. 30:27-31.

Harborne, J.B. 1984. Phytochemical methods. A guide to modern techniques of plant analysis. Second edition. Chapman and Hall editors. N.Y., USA. 288 pp.

Herrera T., M.F.; A. Montiel F.; S.T. López de Jesús. 2004. Biología floral y distribución de chinene *Persea schiedeana* Nees. Memorias del XVII curso de actualización frutícola. Del 13 al 15 de octubre de 2004 [CD-ROM]. Fundación Salvador Sánchez Colín CITAMEX, S. A. Coatepec Harinas, México.

Herrera T., M.F.; A. Montiel F.; S.T. López de Jesus. 2005. El chinene, *Persea schiedeana* Nees en la región centro del estado de Veracruz. XVIII Reunión científica, tecnológica, forestal y agropecuaria. Memorias [CD-ROM]. Boca del Rio, Veracruz, México.

Herrero, A.; J. Guardia. 1992. Conservación de frutas: manual técnico. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 409 pp.

- Hertog, M. L. A. T. M.; R. Ben-Arie; E. Róth; B. M. Nicolaï. 2004. Humidity and temperature effects on invasive and non-invasive firmness measures. *Postharvest biology and technology* 33:79-91.
- Hindorf, H. 2000. *Colletotrichum* spp. Causing anthracnose of tropical crops. *Acta Hort.* 531:275-281.
- Hofman, P.J.; M. Jobin-Décor; L. Giles. 2000. Percentage of dry matter and oil content are not reliable indicators of fruit maturity or quality in late harvested 'Hass' avocado. *HortScience* 35(4):694-695.
- Hofman, P.J.; Y. Fuchs; D.L. Milne. 2002. Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing. A.W. Whiley, B. Schaffer and B.N. Wolstenholme (Eds). In: *The avocado: botany, production and uses*. CABI publishing. New York, N.Y., USA. pp. 363-401.
- Human, T.P. 1987. Oil as a byproduct of the avocado. *World Avocado Congress Yearbook*. 10:159-162.
- Itié Cantelue, Gabriel. 1918. Une nouvelle variété d'avocat, le chinin. *Sobretiro de L'Agronomie Coloniale*. pp: 41-44.

Joaquín-Martínez, M.C. 2006. Distribución eco-geográfica y calidad frutícola del chinene (*Persea schiedeana* Nees) en la región de los Tuxtlas, Veracruz. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 70 pp.

Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. In: Postharvest technology of horticultural crops. Adel A. Kader (ed.). University of California. Publication 3311. Oakland, California, U. S. A. pp: 15-20.

Lee, S.K.; R.E. Young; P.M. Schieffman; C.W. Coggins. 1983. Maturity studies of avocado fruit based in picking dates and dry weight. J. Am. Soc. Hort. Sci., 108:390-394.

López-López, L. 1991. Avances en la determinación del índice de cosecha de selecciones de aguacate mediante el porcentaje de materia seca y contenido de aceite. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C. Memorias. Coatepec Harinas, Edo. de México. pp. 145-151.

López-López, L.; S. Sánchez-Colín; J. Alpízar M. 1993(a). Caracterización física y bromatológica de selecciones de aguacate. Memorias. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. pp. 245-253.

López López, L.; M. Rubí Arriaga; A. Barrientos Priego; A. D. Ben-Ya'acov. 1993(b). Avances en el estudio de los recursos genéticos del aguacate (*Persea americana* Mill): II Tipificación vegetativa de los sujetos que integran los bancos de

germoplasma. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. pp: 53-59.

López-López, L. 1994(a). Comportamiento postcosecha del fruto de diferentes selecciones de aguacate refrigerados a $2\pm 1^{\circ}\text{C}$. Memorias. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. pp. 209-213.

López-López, L. 1994(b). Caracterización física y bromatológica de diferentes selecciones de aguacate *Persea americana* Mill. Memorias. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. pp. 221-225.

López López, L.; M. Rubi Arriaga; A.F. Barrientos Priego; A.D. Ben-Ya'acov. 1995. Progress of the study on the avocado genetic resources: current status of avocado germplasm banks in the Mexico State. Program and book of abstracts of the Word Avocado Congreso III. Tel Aviv, Israel.

López López, L.; A.F. Barrientos Priego; A.D. Ben-Ya'acov. 1999. Variabilidad genética de los bancos de germoplasma de aguacate preservados en el Estado de México. Revista Chapingo, serie horticultura. 5:19-23.

López-Merino, J. 2004. Nutrición y salud para todos. 2a. Edición. Editorial Trillas. México, D.F. 284 pp.

- Maldonado M., F.; G. Vargas S.; R.F. Molina M.; A. Sol S. 2004. Frutales tropicales de tabasco. 3ª Ed. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma De Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. pp: 58-59.
- Manly B., F.J. 1986. Multivariate statistical methods a primer. Chapman and Hall. London, U.K. 159 pp.
- McDougall, G.J.; I.M. Morrison; D. Stewart; J.R. Hillman. 1996. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. J. Sci. Food Agric., 70:133-150.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27(12):1254-1255.
- MiniScan™ XE Plus. 1998. User's guide. Versión 1.0.
- Olaeta, J. A.; Undurraga, P.; Schwartz, M. 1999. Determinación de la evolución y caracterización de los aceites en paltas (*Persea americana* Mill.) cvs. Fuerte y Hass cultivados en Chile. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:117-122.
- Ortega, J., A. López Hernández, H. S. García, C. G. Hill Jr. 2004. Lipase-mediated acidolysis of fully hydrogenated soybean oil with conjugated linoleic acid. Journal of Food Science 69(1). Published on web 12/05/2003.

Ortíz, S.C. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa. 3a. Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 54-96.

Pepeno, W. 1915. Varieties of the avocado. California Avocado Association. Annual Report 1:44-69.

Pepeno, W. 1918. The avocados of Mexico: a preliminary report. California Avocado Association. Annual Report 4:58-74.

Pepeno, W. 1919. The avocado in Guatemala. United States Department of Agriculture. Bulletin No. 743. Washington, D.C. pp: 37-41.

Pepeno, W. 1927. Wild avocado. California Avocado Association Yearbook 12:50-54.

Pepeno, W.; L.O. Williams. 1947. Expedition to Mexico of october and may. California Avocado Society Yearbook. 32:22-28.

Pepeno, W.; L.O. Williams. 1948. Expedition to Mexico. California Avocado Society Yearbook. 33:54-58.

Plich, H.; L.S. Jankiewicz. 2003. Etileno. In: Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Vol. 1. Propiedades y acción. Leszek S. Jankiewicz (ed). Ed. Mundi-Prensa. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Instituto de Horticultura. Chapingo, México. 487 pp.

Pritts, Marvin; James Luby. 1990. Stability indices for horticultural crops. *HorScience*. 25(7):740-745.

Rebolledo-Robles, H.H. 2002. Manual de SAS por computadora. Primera edición. Editorial Trillas. México, D.F. 208 pp.

Reyes A., J.C.; C. Saavedra G. 1993. Determinación de unidades calor, unidades frío y período de crecimiento para 6 municipios del sur del estado de México. Memorias. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. pp. 83-96.

Rounds, M.B. 1946. The 'Fuerte' avocado. *California Avocado Society Yearbook*. 30:54-56.

Ryugo, K. 1993. Fruticultura ciencia y arte. AGT Editor S.A. México, D.F. 460 pp.

Salgado S., M.L.; N. Bautista M. 1993. El barrenador grande del hueso del aguacate (*Heilipus lauri* Bohemann) en Ixtapan de la Sal, México. Memorias. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. pp. 225-231.

Saltveit, Jr., M. E.; Yang, S.F. 1987. Ethylene, p.367-401. In: The principles and practices of plant hormone analysis. A. Crozier (ed). Academia Press.

Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 15:279-292.

Sánchez-Colín, S.; L. López-López; I.I. Aguilar; J.C. Mejía-Patiño. 1989. Análisis físico y bromatológico de selecciones de aguacate (*Persea americana* Mill) obtenidas por CICTAMEX. Memorias. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. pp. 117-133.

Sanchez-Pérez, J.L. 1999. Recursos genéticos del aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. *Revista Chapingo Serie horticultura* 5:7-18.

Schechter, I.; J.T.A. Proctor; D.C. Elfving. 1993. Characterization of seasonal fruit growth of 'Idared' apple. *Scientia Horticulturae* 54:203-210.

Schieber, E.; G.A. Zentmayer. 1977. Collecting *Persea schiedeana* in Guatemala. *California Avocado Society Yearbook*. 61:91-94.

Schieber, E.; G.A. Zentmayer. 1987. Exploring for sources of resistance among *Persea americana* variety *Guatemalensis* and *Persea schiedeana* in middle America. *World Avocado Congress Yearbook*. 10:20-21.

Schroeder, C.A. 1952. Avocado exploration in Mexico. *California Avocado Society Yearbook* 37:27-30.

Schroeder, C.A. 1974. *Persea schiedeana*, the coyo, a posible rootstock for the avocado in South Africa. California Avocado Association Yearbook. 57:18-24.

Schwentesius Ríndermann, R.; M. Á. Gómez Cruz. 1997. El maracuyá fruta de la pasión: situación y tendencias de la producción y el comercio en México y en el Mundo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria (ASERCA).

Scora, R.W.; P.E. Scora. 2000. Essential oils of *Persea* subgenus *Persea* (Lauraceae). Journal of Essential Oil Research. 12:709-713.

Secretaría de Economía. 2003. NMX-F-613-NORMEX-2003. Determinacion de fibra cruda en alimentos-métodos de prueba (cancela a la NMX-F-090-S-1978). Catalogo de Normas para la Normatividad Empresarial. Disponible en www.economia-noms.gob.mx

Solares, M. 1981. Tecnicas y practicas modernas en el cultivo del aguacate. 3a. Edición. Técnicas Agropecuarias. Editores Mexicanos Unidos. 226 pp.

Sosa D., E. 1989. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Editorial y sitio de edición anonimos. 115 pp.

Storey, W.B.; B.O. Bergh; G.A. Zentmyer. 1986. The origin, indigenous range and dissemination of the avocado. California Avocado Association. Yearbook 70:127-143.

Téliz, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ed. Mundi-Prensa. México, D.F. 219 pp.

Tuker, G.A.; G.B. Seymour. 1991. Cell wall degradation during mango fruit ripening. *Acta Horticulturae*, 291:454-459.

Van Den Berg, L.; C.P. Lentz. 1978. High humidity storage of vegetables and fruits. *HortScience* 13(5):565-569.

Wahlberg, H. 1931. Mexican exploration. California Avocado Association Yearbook 16:33-34.

Watada, A.E.; R.C. Hener; A.A. Kader; R.J. Romani; G.L. Staby. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *HortScience* 19(1):20-21.

Watada, A.E. 1986. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. *Food Technology* pp. 82-85.

Wills, R.B.H.; T.H. Lee; D. Gaham; W.B. McGlasson; E.G. Hall. 1982. Postharvest and introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. Second edition. The AVI publishing company Inc. Wsprot, Connecticut, USA. 162 pp.

Zambrano C., O. 1986. Consideraciones sobre el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.). Origen del aguacate cultivado. Sinopsis taxonómica del género *Persea*. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 7(1):47-52.

Zentmayer, G.A. 1946. Diseases of the avocado. California Avocado Society Yearbook. 30:79-83.

Zentmayer, G.A. 1951. Avocado diseases in Mexico and Costa Rica. California Avocado Society Yearbook. 36:103-104.

Zentmayer, G.A. 1991. The genus *Persea*. California Avocado Association. Yearbook 75:119-123.

IMPRESA ANHER

IMPRESA & ENCUADERNACIONES

FRAY PEDRO DE GANTE No. 118-D
COL. CENTRO; TEXCOCO, EDO. DE MEX.
TEL. (01-595) 95 52580 / 95 480 70