



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA

Tesis
3096
C.2

**"INVENTARIO DE HERBARIOS COMO BASE PARA LA PLANEACIÓN DE LA
EXPLORACIÓN Y COLECTAS DE AGUACATE"**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA

NORMAN AGUILAR-GALLEGOS



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Octubre del 2008

Chapingo, Estado de México



BIBLIOTECA

**INVENTARIO DE HERBARIOS COMO BASE PARA LA PLANEACIÓN DE
LA EXPLORACIÓN Y COLECTAS DE AGUACATE**

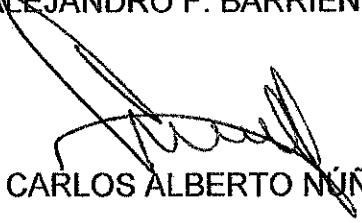
Tesis realizada por **Norman Aguilar-Gallegos** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como
requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:


DR. ALEJANDRO F. BARRIENTOS-PRIEGO

ASESOR:


M. C. CARLOS ALBERTO NÚÑEZ-COLÍN

ASESOR:


DRA. MA TERESA MARTÍNEZ-DAMIÁN

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a al Posgrado en Horticultura, por contribuir a mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada durante dos años de estudio.

Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), por el financiamiento aprobado para realizar el trabajo de campo de la presente investigación.

Al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego, por su asesoría y apoyo durante la realización del presente trabajo de investigación, gracias por su confianza y su amistad.

Al M.C. Carlos Alberto Núñez Colín, por su colaboración, por su amistad y apoyo durante la realización del presente trabajo.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, por su colaboración y consejos durante el desarrollo de este trabajo.

A todos los Profesores del Instituto de Horticultura, por contribuir cada uno de ellos a mi formación profesional.

DEDICATORIAS

A mis padres, Celia Gallegos Porras y Alberto Aguilar Juárez; por ser el mayor y mejor ejemplo de trabajo, de dedicación, de compromiso y de amor que tengo en la vida.

A mis hermanos, Vero, Beto, Marco, Fati y Uriel; por ser más que mis hermanos, son mis amigos, porque sé que siempre están conmigo. A mi sobrino Santiago, eres una alegría en mi vida. De la misma manera a Sofi, la nueva integrante de la familia.

A mis abuelitas, Aurorita y Angelina, por haberme querido tanto y haber sido un gran ejemplo de fuerza y de amor por la vida, porque sé que todavía están conmigo.

A todos mis amigos, Alex y Pepe (Los GAM), Tino, Kike, Gili, Yupe, Carlos, Poncho, Pacheco, Jorge, Víctor, Carlos Alberto, Ayala y, Mandujano; por su amistad y compañerismo. Algunos por ser más que amigos.

Y por último, a todas las personas que de alguna manera han contribuido y formado parte importante en este proceso.

DATOS BIOGRÁFICOS

Norman Aguilar Gallegos, nació el 5 de mayo de 1982 en la Ciudad de Atlixco, Puebla. En los años de 1996 a 1999 estudió la educación media superior en el Centro de Bachillerato Tecnológico industrial y de servicios No. 16 (C.B.T.i.s No. 16). A partir del año de 1999 ingresa a la Universidad Autónoma Chapingo para cursar un año propedéutico, para después comenzar sus estudios de licenciatura en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial, egresando en el año 2004. A inicios del 2005 presenta su examen profesional con el tema “Estudio de Factibilidad Técnica-Económica para Instalar una Envasadora de Mezcal en Sola de Vega, Oaxaca”. En el mismo año, ingresa a la Maestría en Ciencias en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia de la misma Universidad y finaliza sus estudios en el 2006. También cuenta con dos especializaciones por parte de la Universidad Bolivariana y un Diplomado Internacional en Horticultura Protegida. Ha publicado artículos científicos en revistas especializadas del extranjero, asimismo, ha participado como ponente en diversos Congresos Nacionales. Actualmente es socio fundador de Grupo GAM Consultores S. C.

**Inventario de Herbarios como Base para la
Planeación de la Exploración y Colecta de
Aguacate**

**Norman Aguilar-Gallegos¹ y Alejandro F.
Barrientos-Priego²**

RESUMEN

El género *Persea*, incluyendo los aguacates domésticos, es económica y ecológicamente importante y es frecuentemente un taxón dominante en los bosques montañosos de neblina en México, este género contiene especies en peligro de extinción, debido al cambio de uso de suelo, incendios, entre otras causas. La preservación de estas fuentes de genes con suficiente variabilidad genética es fundamental para fortalecer la industria aguacatera de México y del mundo; sin embargo, aunque nuestro país posee una gran riqueza del género *Persea*, existe un déficit en estrategias de conservación, ocasionando que estos recursos desaparezcan rápidamente, por lo que es primordial planear y coordinar acciones tendientes a rescatar lo que aún queda de él. Por lo anterior, se planteó como objetivo realizar un inventario de ejemplares de herbario para obtener mapas de distribución de germoplasma, por especie y raza, mediante un programa de biodiversidad cartográfica de germoplasma llamado FloraMap con el fin de establecer acciones concretas para la preservación, estudio y promoción del uso de los recursos genéticos del género *Persea*. Se obtuvo una base de datos de 827 ejemplares, provenientes de 11 herbarios diferentes, 448 ejemplares corresponden a *P. americana* Mill, de los cuales 343 resultaron ser diferentes y permitieron la elaboración de mapas de distribución potencial. Las especies *P. liebmannii* y *P. schiedeana* son la segunda y tercera especie más colectadas por los botánicos respectivamente.

Palabras clave: *Persea* spp.; Sistemas de Información Geográfica, Mapas de Distribución.

**Inventory of Herbariums as a Base for a
Planned Exploration and Collection of
Avocado**

**Norman Aguilar-Gallegos¹ y Alejandro F.
Barrientos-Priego²**

ABSTRACT

The genus *Persea*, including the domestic avocados, is economic and ecologically important, is frequently a dominant taxa in the mountainous mist forests in Mexico. This genus contains species in danger of extinction, because the change in the use of the land, fires, among other causes. The preservation of these sources of genes with enough genetic variability, is fundamental to enforce the avocado industry of Mexico and of the world; nevertheless, although our country possesses one a great richness of the genus *Persea*, a lack in strategies of conservation exists, causing that these resources are been lost rapidly, been essential to plan and coordinate actions tending to rescue what still exists of these. For these reasons, it was considered as an objective to realize an inventory of herbarium specimens to obtain distribution maps of germoplasm, for species and races, by means of a program of cartographic biodiversity of germoplasm named FloraMap in order to establish concrete actions for the preservation, study and promotion of the use of the genetic resources of the genus *Persea*. It was obtained a database of 827 items, from 11 different herbariums, 448 copies correspond to *P. americana* Mill, from which 343 turned out to be different and allowed the conformation of potential distribution maps. The species *P. liebmannii* and *P. schiedeana* are the second and third species more collected by the botanists, respectively.

Key words: *Persea* spp.; Geographical Information Systems, Distribution Maps.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	i
Lista de Cuadros.....	iv
Lista de Figuras	v
Introducción General	1
Capítulo 1. Inventario en herbarios de los recursos fitogenéticos del género <i>Persea</i>	4
Resumen	5
Introducción	6
Materiales y métodos.....	10
Resultados.....	12
Discusión	21
Conclusiones	24
Literatura Citada	25

Capítulo 2. Distribución geográfica de <i>Persea</i> y áreas de mayor probabilidad para la exploración y colectas de aguacate.....	27
Resumen	28
Introducción	29
Materiales y métodos.....	30
Resultados.....	31
Discusión	41
Conclusiones	45
Literatura citada	46
 Conclusiones Generales.....	 49
Literatura Citada General	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Herbarios visitados y fotografiados en busca de ejemplares de <i>Persea</i> .	10
Cuadro 2. Herbarios de la REMIB consultados en busca de ejemplares de <i>Persea</i> .	11
Cuadro 3. Número de ejemplares de <i>Persea</i> por Herbario o Colección.	12
Cuadro 4. Número de ejemplares por especie de <i>Persea</i> .	13
Cuadro 5. Número de ejemplares de <i>Persea</i> por Estado.	15
Cuadro 6. Número de ejemplares de <i>Persea</i> por especie y por Estado.	16
Cuadro 7. Número de ejemplares de <i>Persea</i> por periodo de años.	17
Cuadro 8. Número de ejemplares de <i>Persea</i> por especies y por periodo de años.	18
Cuadro 9. Número de fotografías digitales de los ejemplares de <i>Persea</i> por herbario visitado.	19
Cuadro 10. Número de accesiones de <i>Persea</i> por especie con y sin coordenadas.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del aguacate, después de la conquista, en el mundo hasta antes de 1915 (Barrientos-Priego y López-López, 2000; modificado de Smith <i>et al.</i> , 1992)	7
Figura 2. Posibles centros de origen de las tres razas de aguacate (Barrientos-Priego y López-López, 2000).....	8
Figura 3. Ejemplos de colectas fotografiadas de <i>Persea</i> en los herbarios visitados.	20
Figura 4. Ubicación geográfica de 343 ejemplares de herbario pertenecientes a <i>Persea americana</i> Mill. (aguacate) colectados en México.....	33
Figura 5. Dendograma mediante el método de Ward derivado del análisis con FloraMap de 343 ejemplares de herbario pertenecientes a <i>Persea americana</i> Mill. (aguacate) colectados en México.....	33
Figura 6. Distribución potencial del conglomerado 1 obtenido mediante el análisis con FloraMap, aparentemente son de la raza Antillana.	34
Figura 7. Distribución potencial del conglomerado 2 obtenido mediante el análisis con FloraMap, aparentemente son de la raza Guatemalteca y Mexicana.	35
Figura 8. Distribución potencial del conglomerado 3 obtenido mediante el análisis con FloraMap, aparentemente son de la raza Mexicana.....	36

Figura 9. Distribución potencial considerando la mayor probabilidad de los tres conglomerados.....	37
Figura 10. Distribución de ejemplares de herbario pertenecientes a <i>Persea liebmannii</i> colectados en México.	38
Figura 11. Distribución de ejemplares de herbario pertenecientes a <i>Persea schiedeana</i> colectados en México.....	38
Figura 12. Distribución de ejemplares de herbario pertenecientes a 19 especies de <i>Persea</i> y a tres ejemplares supuestamente de especies nuevas, colectadas en México.	39
Figura 13. Distribución de ejemplares de herbario en Tamaulipas, colindando con Nuevo León, pertenecientes a 5 especies de <i>Persea</i> colectados en México.	40

INTRODUCCIÓN GENERAL

El género *Persea* (que incluye a los aguacates domésticos) es económica y ecológicamente importante y es frecuentemente un taxón dominante en los bosques montañosos de neblina, el cual contiene muchas especies que están en peligro de extinción debido al cambio de uso de suelo e incendios, entre otras causas (Ben-Ya'acov y Michelson, 1995; Barrientos-Priego y López-López, 2000)

México produjo un promedio de 943 mil toneladas en los últimos seis años (2000 a 2005) y es el primer productor mundial de aguacate y participa, en promedio, con poco más de la tercera parte del total global, que se ha situado casi en los 3.0 millones de toneladas anuales en el mismo periodo (FOASTAT, 2007¹). El cultivo del aguacate ocupa el 7º lugar en importancia en el valor de la producción agrícola nacional y es estratégico para México por su alto impacto socio-económico por la generación de empleos permanentes y temporales en la comunidad rural de 28 entidades productoras; en el año 2006, el valor de la producción representó el 9.4 % del total en cuanto al valor de los cultivos perennes. En el mismo año, la producción nacional alcanzó un record máximo de producción de un poco más de un millón de toneladas de aguacate, siendo

¹ <http://faostat.fao.org>

estrategias de conservación y desgraciadamente hay una carencia de acciones de este tipo (Barrientos-Priego y López-López, 2000).

Debido a todo esto, es importante promover la conservación de los recursos genéticos del aguacate, para lo cual es requerida la exploración y colecta para obtener el germoplasma con la mayor variabilidad genética posible. Esto ya se ha iniciado en el pasado (Popenoe, 1935; Schroeder, 1951; Zentmyer y Schieber, 1987; Barrientos-Priego *et al.*, 1992; Sánchez-Pérez, 1999); sin embargo, los fines y objetivos en cada caso fueron diferentes, por lo que si se busca tener representada la variación existente de los recursos genéticos del aguacate se requiere de un estudio previo, con el fin de poder realizar una exploración planificada y una colecta selectiva.

Por lo anterior, se planteó como objetivo de estudio realizar un inventario de ejemplares de herbario y de bancos de germoplasma para después, mediante análisis multivariado, obtener mapas de distribución probabilística, por especie y raza, con el programa de biodiversidad cartográfica de germoplasma llamado FloraMap 1.1 (Jones and Gladkov, 1999); con el fin de establecer acciones concretas para la preservación, estudio y promoción del uso de los recursos genéticos del género *Persea*.

CAPITULO 1.
INVENTARIO EN HERBARIOS DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS DEL
GÉNERO *Persea*

INVENTORY IN HERBARIUMS OF THE PLANT GENETIC RESOURCES
OF THE GENUS *Persea*

el estado de Michoacán el mayor productor, con 88 % del total nacional (SIACON, 2007²)

La conservación de germoplasma del género *Persea* es importante para sostener la industria aguacatera del futuro de México y la mundial, aunado a esto existen serias amenazas que pondrían en riesgo el liderazgo mundial en el cultivo de aguacate en México, entre estas amenazas están: la presencia creciente de la tristeza del aguacatero causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands, baja productividad comparado con otros países (ocupamos el décimo lugar mundial), crecimiento excesivo del árbol, poca capacidad de absorción de nutrimentos del suelo y a su vez de exclusión de los nocivos. Dichas amenazas podrían solucionarse al seleccionar portainjertos (principalmente) y cultivares que resistan estos factores; sin embargo, es necesario contar con la fuente de genes con suficiente variabilidad genética para encontrar estos genotipos, por lo que es necesario mantener y estudiar el germoplasma que aún existe y que es de gran importancia contar con dichos recursos genéticos.

Tal y como señaló Barrientos-Priego (1999), estos recursos están desapareciendo rápidamente y es urgente realizar y coordinar acciones tendientes a rescatar lo que aún queda de él. Sin embargo, aunque México es el país con mayor riqueza genética de este género, existe un déficit en

² <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/siacon.html>

RESUMEN

Inventario en herbarios de los recursos fitogenéticos del género *Persea*

**Norman Aguilar-Gallegos, Maestría en Ciencias en Horticultura
Alejandro F. Barrientos-Priego; Carlos A. Núñez Colín; Ma. Teresa
Martínez Damián**

*Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma
Chapingo. Chapingo, Estado de México, 56230, México.*

Tomando como base que México es uno de los principales países en cuanto a diversidad del género *Persea*, lo que conlleva al compromiso de la conservación de sus recursos fitogenéticos. Se planteó como objetivo de este estudio, realizar un inventario en herbarios de los recursos del género. Para la colecta de los datos se consideró la visita a herbarios y la colección fotográfica digital de cada ejemplar de *Persea*, y el inventario de las accesiones de herbarios de la Red Mexicana de Información sobre Biodiversidad (REMIB) que se obtuvo por consulta en Internet. De la colección, resultó una base de datos con 827 accesiones de 11 herbarios, sólo dos aglomeran el 77.5 % de los ejemplares. De estas accesiones, se obtuvieron 24 especies de *Persea*, las que presentan más colectas son *P. americana* Mill. (incluyendo sus tres razas), y *P. liebmannii*; además se tienen 63 accesiones no identificadas y 3 supuestas nuevas especies, los estados con mayor diversidad son Veracruz, Chiapas y Oaxaca. Se encontró que las especies menos colectadas corresponden a las más antiguas, existiendo la probabilidad de que los recursos fitogenéticos de dichas especies ya hayan desaparecido por lo que es urgente realizar nuevas misiones de exploración y colecta a fin de conservar este germoplasma.

Palabras clave: *Persea*; Recursos fitogenéticos, Herbarios.

INTRODUCCIÓN

El aguacate es miembro de una gran familia conocida como Lauraceae (Bergh y Ellstrand, 1986), pertenece al género *Persea* y en la actualidad este género contiene alrededor de 85 especies, el mayor número de ellas se encuentran en México (20 especies) y Brasil (18 especies), lo cual otorga a estos países el compromiso de conservar estos recursos genéticos (Barrientos-Priego y López-López, 2000).

El verdadero aguacate, "*P. americana* Mill."; se sabe que es nativo de América, el árbol es originario de México, Centro América hasta Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú (Téliz *et al.*, 2000). Siendo el cotiledón más viejo de aguacate, el encontrado en una Cueva de Coxcatlán, Tehuacán, Puebla, México; cuya antigüedad se ha estimado de 7,000 a 8,000 a. de C. (Smith, 1966).

Después del descubrimiento de América y la conquista de México por los Españoles; además de Centro América, Colombia y Perú, el aguacate se diseminó a otras partes del mundo (Téliz *et al.*, 2000). Los españoles llevaron el aguacate a España en 1600 y posteriormente comenzó su distribución a nivel mundial. El aguacate se introdujo a Chile en los 1850's, a Sudáfrica en 1904 y a Israel en 1931 (Figura 1) (Barrientos-Priego y López-López, 2000).

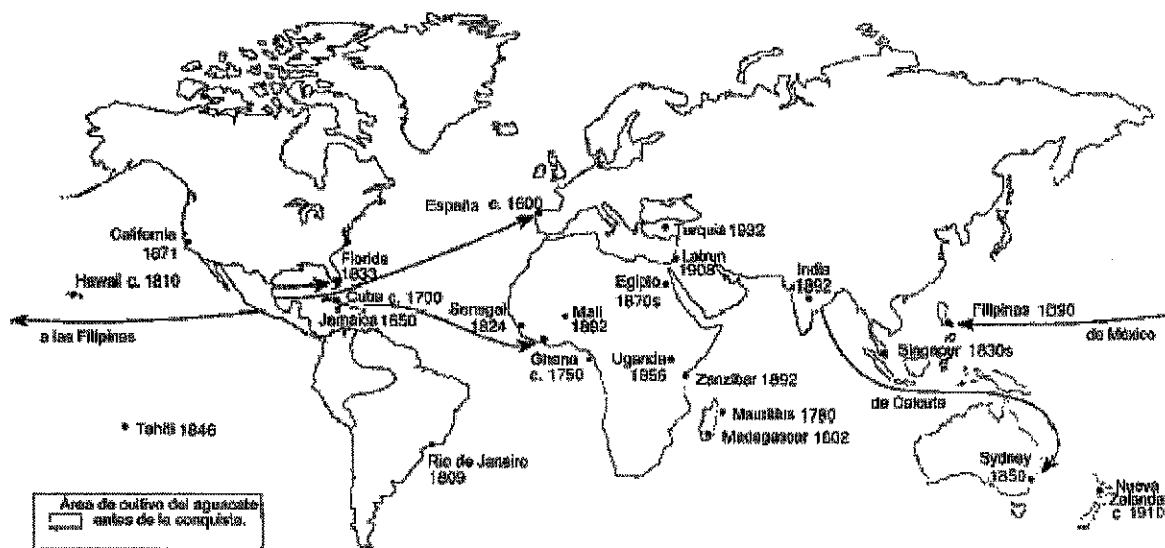


Figura 1. Distribución del aguacate, después de la conquista, en el mundo hasta antes de 1915 (Barrientos-Priego y López-López, 2000; modificado de Smith *et al.*, 1992)

Persea americana Mill., la especie económicamente más importante de este género, crece extensamente en México desde la Costa del Pacífico hasta el Golfo de México, desde los estados del sur hasta los del norte, y desde bajas hasta altas elevaciones (García, 1975). Dentro de *Persea americana* Mill. existen tres razas ecológicas (variedades), mismas que han sido reconocidas desde hace tiempo, estas son: la Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), la Guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalensis*) y la Antillana (*Persea americana* var. *americana*) (Bergh y Ellstrand, 1986). El nombre de cada una de ellas proviene de sus posibles centros de origen respectivos (Figura 2).



**Figura 2. Posibles centros de origen de las tres razas de aguacate
(Barrientos-Priego y López-López, 2000)**

La diferencia entre las tres razas se basa principalmente en la adaptación del árbol (temperatura, humedad, altitud, etc.) y también a las características de la fruta (textura y color de la cáscara, tamaño, días a la maduración, contenido de aceite, sabor, etc.); siendo la raza Guatemalteca la intermedia entre las otras dos (Bergh y Ellstrand, 1986).

Debido a que en México se encuentra un gran número de especies del género *Persea* se han realizado diversas colectas de germoplasma, buscando otros fines o bajo otras líneas de investigación, por ejemplo: resistencias a la pudrición de la raíz (Jefferson, 1974). Sin embargo, la importancia de la conservación del germoplasma de muchas especies de aguacate que se encuentran en peligro, está cobrando mucha relevancia y ha sido recalcada en los últimos años, por lo que en la década de los 80's se iniciaron los estudios de

los recursos del germoplasma de aguacate, las accesiones fueron colectadas en México, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Chile, Ecuador, Perú y Panamá, también material proveniente de Israel. Posteriormente, durante los años de 1991-1994 fueron introducidas, propagadas y plantadas en parcelas ubicadas en La Curva, Coatepec, Harinas, México; con aproximadamente 250 individuos (Ben-Ya'cov *et al.*, 1995).

Todo esto respalda el hecho de que los recursos genéticos del aguacate son una fuente única de genes (caracteres) que pueden utilizarse para el mejoramiento genético de cultivares, portainjertos e interinjertos, pero con la acelerada desaparición de estos recursos se está llevando a cabo un proceso conocido como "erosión genética"; por lo que, es innegable que se tienen que desarrollar acciones urgentes que permitan rescatar los recursos genéticos, de manera que se puedan utilizar en el futuro, antes que se pierdan para siempre (Barrientos-Priego, 1999, Barrientos-Priego y López-López, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se consideraron tres áreas principales para la colecta de los datos, las cuales son: la visita a herbarios y la colección fotográfica digital de cada uno de los ejemplares de *Persea* (Cuadro 1), y el inventario de las accesiones de herbarios de la Red Mexicana de Información sobre Biodiversidad (REMIB) que se obtuvo por consulta en Internet (Cuadro 2).

Cuadro 1. Herbarios visitados y fotografiados en busca de ejemplares de *Persea*.

Ubicación	Institución	Estado
DF	UNAM (MEXU)	DF
Chapingo	División de Ciencias Forestales, México UACH (CHAP)	
Montecillos	Colegio de Postgraduados (CHAPA)	México
Xalapa	Instituto de Ecología (XAL)	Veracruz
Xalapa	Universidad Veracruzana (XALU)	Veracruz
Chiapas	Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)	Chiapas

Posteriormente, el inventario de los herbarios se reunió en una base de datos básica, además del procesamiento y captura de la información, se trabajó en su edición, sobretodo por problemas de homonimias, nombres científicos escritos incorrectamente, etcétera.

Cuadro 2. Herbarios de la REMIB consultados en busca de ejemplares de *Persea*.

Herbario o Colección
Herbario XAL del Instituto de Ecología, A.C. México
Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, México
Herbario IEB del Instituto de Ecología, A.C. México (IE-Bajío)
Herbario de la Universidad de Texas - Austin, EUA (LL. Tex)
Herbario Sessé y Mociño: Plantas de la Real Expedición Botánica a Nueva España (1787 - 1803) (MA)
Jardín Botánico de Missouri (MO)
Herbario del CIBNOR
Herbario de la Universidad de Arizona, EUA (ARIZ)
Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán, México (CICY)
Agentes Bioactivos de Plantas Desérticas de Latinoamérica (ICBG)
Herbario de Geo. B. Hinton, México

Una vez consolidada la base de datos, se procedió al análisis exclusivamente de los ejemplares de la REMIB para poder determinar la importancia que le han atribuido a la colecta del género *Persea* en el País así como de sus diferentes estados, se incluyeron aspectos como son: accesiones por herbario, número de especies por herbario, Estados de la República con mayor colectas, etcétera.

RESULTADOS

En base a la información recabada de la REMIB, se obtuvieron 827 accesiones reportadas por 11 herbarios, sin embargo, sólo dos herbarios aglomeran 77.5 % de los ejemplares, cuatro herbarios tienen uno o dos ejemplares de *Persea* dentro de su colección (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de ejemplares de *Persea* por Herbario o Colección.

Herbario o Colección	Número
Agentes Bioactivos de Plantas Desérticas de Latinoamérica	2
Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, Méx.	15
Herbario de Geo. B. Hinton, Méx.	9
Herbario de la Universidad de Arizona, EUA	9
Herbario de la Universidad de Texas - Austin, EUA	2
Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán, Méx.	25
Herbario del CIBNOR	1
Herbario IEB del Instituto de Ecología, A.C. Méx.	122
Herbario Sessé y Mociño	1
Herbario XAL del Instituto de Ecología, A.C., Méx.	307
Jardín Botánico de Missouri	334
Total de ejemplares de la REMIB	827

De los ejemplares obtenidos del inventario se obtuvieron 24 especies diferentes de *Persea*, la que más ejemplares tiene capturados es *Persea americana* Mill., (se incluyen sus diferentes razas) con 448 accesiones (Cuadro 4), además se encontró que existen 63 entradas no identificadas y 3 supuestas nuevas especies. De los 827 ejemplares, siete especies cuentan con un solo ejemplar colectado (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de ejemplares por especie de *Persea*.

Especie	Número	Especie	Número
<i>Persea americana</i>	448	<i>Persea palustris</i>	1
<i>Persea bourgeauviana</i>	1	<i>Persea parviflora</i>	1
<i>Persea brevipetiolata</i>	1	<i>Persea parvifolia</i>	14
<i>Persea chamissonis</i>	12	<i>Persea podadenia</i>	10
<i>Persea cinerascens</i>	4	<i>Persea podaderia</i>	1
<i>Persea donnell-smithii</i>	10	<i>Persea purpusii</i>	28
<i>Persea flavifolia</i>	2	<i>Persea rufescens</i>	8
<i>Persea floccosa</i>	2	<i>Persea schiedeana</i>	48
<i>Persea hintonii</i>	25	<i>Persea</i> (sin identificación)	63
<i>Persea liebmannii</i>	105	<i>Persea</i> sp. nov.	3
<i>Persea longipes</i>	24	<i>Persea standleyi</i>	1
<i>Persea nubigena</i>	3	<i>Persea steyermarkii</i>	1
<i>Persea pachypoda</i>	2	<i>Persea vesticula</i>	9

Con respecto a los estados de la República Mexicana, la mayoría de los ejemplares se han colectado en Veracruz (305), Oaxaca (138) y Querétaro (102); en tanto, el estado de Tlaxcala sólo cuenta con un ejemplar (Cuadro 5).

México es un país con una gran diversidad, y en cuanto a la riqueza por Estado (especies identificadas) se encontró que Veracruz tiene la mayor variabilidad, con doce especies; seguido de Chiapas con once y Oaxaca con diez; en los tres estados mencionados, se tienen ejemplares sin identificación (Cuadro 6). Sin embargo, cabe mencionar que en Chiapas no se han realizado tantas colectas como en Veracruz, sólo se tienen 71 en el primer Estado en comparación con las 305 del segundo. Es decir, con una cuarta parte de lo colectado en Veracruz, Chiapas alcanza 11 especies, una menos que Veracruz (Cuadro 6). Un caso similar pasa con San Luis Potosí y Querétaro, en donde se reportan 10 y 102 ejemplares, respectivamente; sin embargo, en San Luis Potosí se han encontrado 5 especies diferentes y en Querétaro 4 (Cuadro 6). En el Cuadro 6 se contabilizan 25 especies diferentes en el territorio mexicano, sin incluir las no identificadas, las posibles especies nuevas y las razas de *P. americana* Mill.

Cuadro 5. Número de ejemplares de *Persea* por Estado.

Estado	Número	Estado	Número
Campeche	10	No especificado	11
Chiapas	71	Oaxaca	138
Chihuahua	4	Puebla	8
Colima	3	Querétaro	102
Durango	2	Quintana Roo	9
México	2	San Luis Potosí	10
Guanajuato	5	Sinaloa	2
Guerrero	14	Sonora	7
Hidalgo	10	Tabasco	11
Jalisco	29	Tamaulipas	24
Michoacán	5	Tlaxcala	1
Morelos	2	Veracruz	305
Nayarit	6	Yucatán	31
Nuevo León	5		

Cuadro 6. Número de ejemplares de *Persea* por especie y por Estado.

Especie	Ver	Chis	Oax	Jal	Taps	SLP	Qro	Total
<i>Persea americana</i>	219	26	39	1	10	3	42	430
<i>Persea americana</i> var. <i>americana</i>	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i>	7	2	3	0	2	0	0	16
<i>Persea bourgeauviana</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Persea brevipetiolata</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Persea chamissonis</i>	2	0	0	0	0	0	1	12
<i>Persea cinerascens</i>	4	0	0	0	0	0	0	4
<i>Persea donnell-smithii</i>	1	7	2	0	0	0	0	10
<i>Persea flavifolia</i>	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>Persea floccosa</i>	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Persea hintonii</i>	1	0	0	17	0	0	0	25
<i>Persea liebmannii</i>	3	12	37	1	6	3	32	105
<i>Persea longipes</i>	13	1	8	0	0	0	0	24
<i>Persea nubigena</i>	0	3	0	0	0	0	0	3
<i>Persea pachypoda</i>	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Persea palustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Persea parviflora</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Persea parvifolia</i>	1	0	13	0	0	0	0	14
<i>Persea podadenia</i>	0	0	0	1	1	1	0	9
<i>Persea podadenia</i> var. <i>glabriramea</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Persea podaderia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Persea purpusii</i>	0	0	0	0	0	1	26	28
<i>Persea rufescens</i>	1	2	5	0	0	0	0	8
<i>Persea schiedeana</i>	33	5	1	0	0	1	0	48
<i>Persea</i> (sin identificación)	18	5	25	7	1	1	1	63
<i>Persea</i> sp. nov.	0	0	0	0	2	0	0	3
<i>Persea standleyi</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Persea steyermarkii</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Persea vesticula</i>	0	5	3	0	0	0	0	9
Especies por estado identificadas	12	11	10	5	4	5	4	25

Al analizar las colectas por periodo de años, se encontró que el 14 % de éstas se han realizado después del año 1991, el porcentaje más alto fue en el periodo que abarca desde 1981 a 1990 (Cuadro 7). Esto da cuenta de la necesidad de hacer nuevas exploraciones e incrementar el número de ejemplares de algunas colectas, ya que las siete especies de las que sólo se tiene un ejemplar (Cuadro 4) fueron colectadas en años anteriores a 1990 (Cuadro 8); es decir, en poco más de los últimos 15 años no se han realizado exploraciones para incrementar el acervo de las especies menos colectadas, tomando en cuenta este periodo existe la probabilidad que estas especies hayan desaparecido del lugar en donde fueron colectadas.

Cuadro 7. Número de ejemplares de *Persea* por periodo de años.

Periodo	Número de ejemplares	Porcentaje
No especificado	40	4.8
Antes de 50's	33	4.0
50 - 60's	9	1.1
60 - 70's	16	1.9
70 - 80's	88	10.6
80 - 90's	523	63.2
90 - 00's	117	14.1
Después de 00's	1	0.1
Total	827	100.0

Cuadro 8. Número de ejemplares de *Persea* por especies y por periodo de años.

Especie	No esp.	Menos 50's	50 - 60's	60 - 70's	70 - 80's	80 - 90's	90 - 00's	Mayor 00's	Núm
<i>Persea americana</i>	17	9	5	7	57	305	48	0	448
<i>Persea liebmannii</i>	6	7	0	0	4	78	10	0	105
<i>Persea</i> (sin iden.)	1	2	1	5	6	20	28	0	63
<i>Persea schiedeana</i>	2	0	2	3	6	26	8	1	48
<i>Persea purpusii</i>	1	0	0	0	0	27	0	0	28
<i>Persea hintonii</i>	0	3	0	0	1	13	8	0	25
<i>Persea longipes</i>	4	3	0	1	5	11	0	0	24
<i>Persea parvifolia</i>	0	0	0	0	0	13	1	0	14
<i>Persea chamissonis</i>	3	1	0	0	2	5	1	0	12
<i>Persea donnell- smithii</i>	1	2	0	0	4	3	0	0	10
<i>Persea podadenia</i>	0	1	1	0	1	3	4	0	10
<i>Persea vesticula</i>	2	1	0	0	0	3	3	0	9
<i>Persea rufescens</i>	0	1	0	0	0	6	1	0	8
<i>Persea cinerascens</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Persea nubigena</i>	0	0	0	0	0	2	1	0	3
<i>Persea</i> sp. nov.	0	0	0	0	0	0	3	0	3
<i>Persea flavifolia</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	2
<i>Persea floccosa</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>Persea pachypoda</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Persea bourgeauviana</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Persea brevipetiolata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Persea palustris</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Persea parviflora</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Persea podaderia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Persea standleyi</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Persea steyermarkii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Aunado a esta parte del análisis, se diseñó un sistema de información de consulta para los ejemplares fotografiados de los herbarios visitados (Cuadro 1), éstos sirven como referencia para poder realizar una comparación inicial de

lo que se pueda coleccionar en el futuro, además para tener una idea de la riqueza que se puede encontrar en los diferentes estados de la República Mexicana. El sistema cuenta con un total de 1157 fotografías digitales de *Persea* que corresponden a 6 herbarios diferentes (Cuadro 9), cabe mencionar que existen ejemplares de 23 países diferentes, incluyendo México, Belice, Brasil, Cuba, Jamaica, Japón, Panamá, Taiwan, Venezuela, entres otros.

Cuadro 9. Número de fotografías digitales de los ejemplares de *Persea* por herbario visitado.

Herbario	Ejemplares
Herbario de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)	88
Herbario de la División de Ciencias Forestales - UACH (CHAP)	37
Herbario del Colegio de Postgraduados; Chapingo, México (CHAPA)	101
Herbario Nacional; Instituto de Ecología, UNAM (MEXU)	580
Herbario XAL - Instituto de Ecología A.C.	337
Herbario XALU - Universidad Veracruzana	14
Total general	1157

Con las visitas a los herbarios se pudo constatar que muchos ejemplares carecen de información completa sobre su lugar de colecta y además existen problemas en su identificación, ya que algunos sólo cuentan con parte de la rama sin inflorescencia, o sin frutos. Aunque también hay algunos con información y ejemplar completo (Figura 3).



Figura 3. Ejemplos de colectas fotografiadas de *Persea* en los herbarios visitados.

DISCUSIÓN

Este estudio demuestra que existen especies ampliamente distribuidas y colectadas en el País; sin embargo, existen especies de las cuales se tiene muy poca representación y, por lo tanto, se deben diseñar estrategias para rescatar estos recursos que posiblemente ya estén perdidos.

Lorea-Hernández (2002) también reconoce que es común encontrar en los herbarios numerosos especímenes con una adscripción genérica errónea, siendo uno de los problemas más comunes la falta de estructuras de flor y fruto en los ejemplares conservados en los herbarios. Además, el autor mencionó que aunado a estos problemas, los cambios taxonómicos que han ocurrido en el género y en la familia, conllevan a seguir teniendo especies o clasificaciones con nombres en desuso.

De esta manera, se encontraron especies poco representadas en los herbarios, tal es el caso de *Persea flavifolia* con sólo 2 ejemplares; sin embargo, Kopp (1966) ya había mencionado que esta especie era un sinónimo de *Persea liebmannii*, la cual está ampliamente representada en las colecciones analizadas, esta aseveración también fue citada por van der Werff (2002) y Lorea-Hernández (2002).

Otra especie poco representada es *P. brevipetiolata* (1 ejemplar encontrado en Veracruz). Para este caso, van der Werff (2002) mencionó que sólo se conocen tres colecciones de México, obtenidas a alturas entre 200 – 250 m en el Istmo de Tehuantepec y aclara que es una especie muy relacionada con *P. rufescens*, pero que ésta se encuentra a alturas entre 1500 y 2500 m en Chiapas y Oaxaca, dato que también se obtuvo en el presente estudio, obteniéndose 2 ejemplares en Chiapas y 5 en Oaxaca; pero además se tiene un ejemplar en Veracruz, que posiblemente se pudo haber confundido con *P. brevipetiolata*.

Por otra parte, van der Werff (2002) menciona que *P. podadenia* es un sinónimo también de *P. liebmanni*; siendo que de la primer especie se tienen reportadas 10 accesiones, pero Kopp (1966) hace una distinción entre las dos especies con base a la hoja, la inflorescencia y la distribución geográfica, aunque aclara que son especies cercanas. Posteriormente, Lorea-Hernández (2002), basado en van der Werff (2002) aseveró que *P. podadenia* es un sinónimo de *P. liebmanni*.

Por último, para van der Werff (2002), *Persea nubigena* es un sinónimo de *P. americana*, lo cual reduciría el número de especies encontradas en este estudio a 21. De hecho, se han tenido diferentes clasificaciones de *P. nubigena*, Kopp (1966) lo clasificó dentro de *P. americana* como una variedad botánica; posteriormente, Williams (1977) lo separó de *P. americana*, pero incluyó a la raza guatemalteca dentro de *P. nubigena* como *P. nubigena* var. *guatemalensis*.

Sin embargo, Williams (1977) propuso que *P. nubigena* es un antecesor de la raza Guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalensis*); además, López-López *et al.* (1997) reportaron el establecimiento de dos bancos de germoplasma en donde separaron a *P. nubigena* y *P. americana* (con sus tres razas diferentes) siempre como dos especies diferentes, para este caso, las accesiones establecidas de *P. nubigena* provinieron del estado de Chiapas, dato que concuerda con este estudio pues se encontraron sólo tres ejemplares colectados, lo que a su vez habla, de la poca representación de esta especie en los herbarios.

CONCLUSIONES

Existen especies muy poco colectadas y conservadas, por lo que urge realizar nuevas misiones de exploración y colectas de este germoplasma y, de la misma manera, verificar la existencia de algunas especies en los lugares de origen, además de renovar el acervo de las colectas más antiguas.

Con la información recabada de los herbarios visitados, fue posible generar un sistema de consulta para las especies fotografiadas de cada uno de ellos, con datos de especies y ubicaciones geográficas por estado. Esto facilita la búsqueda de las especies distribuidas y contenidas en la República Mexicana.

LITERATURA CITADA

- Barrientos-Priego, A. F. 1999. Conservation of avocado genetic resources in Mexico. *Subtropical Fruit News* 7(1): 1-2.
- Barrientos-Priego, A. F. y L. López-López. 2000. Historia y genética del aguacate, pp. 19-31. *In: El Aguacate y su Manejo Integrado*. Téliz, D., H. González, J. Rodríguez, R. Dromundo (eds.). Mundi-Prensa, México.
- Ben-Ya'acov, A.; López-López, L.; Rubí Arriaga, M. and Barrientos-Priego, A. F. 1995. The new avocado germplasm bank in Mexico. *California Avocado Society Yearbook* 79: 151-155.
- Bergh, B. O. y N. Ellstrand. 1986. Taxonomy of the avocado. *California Avocado Society Yearbook* 70: 135-146.
- García V., A. 1975. Cytogenetic studies in the genus *Persea* (Lauraceae). I. Karyology of seven species. *Can. J. Genet. Cytol.* 17: 173-180.
- Jefferson, L. L. 1974. Collecting avocados in Mexico. *California Avocado Society Yearbook* 57: 148-152.

- López-López, L., M. Rubí-Arriaga, A. D. Ben-Ya'acov y A. F. Barrientos-Priego. 1997. La biodiversidad del género *Persea* y especies afines preservados en los bancos de germoplasma del estado de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 3(1): 51-54.
- Lorea-Hernández, F. G. 2002. La familia Lauraceae en el sur de México: diversidad, distribución y estado de conservación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 71: 59-70.
- Smith, C. E. Jr. 1966. Archaeological evidence for selection in avocado. *Economic Botany* 20(2): 169-175.
- Téliz O., D.; A. G. Mora, and G. L. Morales. 2000. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. pp. 3-19. *In: El Aguacate y su Manejo Integrado*. Téliz, D., H. González, J. Rodríguez, R. Dromundo (eds.). Mundi-Prensa México, S.A. de C.V. D.F., México.
- van der Werff, H. 2002. A Sinopsis of *Persea* (Lauraceae) in Central America. *Novon* 12: 575-586.
- Williams, L. O. 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. *Economic Botany* 31: 315-320.

CAPÍTULO 2.

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *Persea* Y ÁREAS DE MAYOR
PROBABILIDAD PARA LA EXPLORACIÓN Y COLECTAS DE AGUACATE**

**GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF GENUS *Persea* AND AREAS WITH
MAJOR PROBABILITY FOR EXPLORATION AND COLLECTING OF
AVOCADO**

RESUMEN

Distribución geográfica de *Persea* y áreas de mayor probabilidad para la exploración y colectas de aguacate

**Norman Aguilar-Gallegos, Maestría en Ciencias en Horticultura
Alejandro F. Barrientos-Priego; Carlos A. Núñez Colín; Ma. Teresa
Martínez Damián**

*Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma
Chapingo. Chapingo, Estado de México, 56230, México.*

La conservación de germoplasma de *Persea* es una prioridad debido a que es un cultivo de gran importancia económica a nivel nacional, contar con la suficiente variabilidad genética permite emprender investigaciones que permitan incrementar la productividad de esta industria, por lo que el objetivo de este estudio es calcular superficies de probabilidad y obtener áreas de mayor distribución de *Persea americana* Mill y sus tres razas, para realizar un plan de colecta dirigida a los sitios de mayor oportunidad de encontrar y coleccionar germoplasma de aguacate y de sus especies afines. Se utilizó el programa especializado FloraMap, desarrollado para predecir y mapear la distribución de plantas, asumiendo que el clima del lugar en donde se encuentra la especie, es representativo de la amplitud ambiental del organismo. Se analizaron 343 ejemplares de *P. americana* Mill, obteniéndose un dendrograma con tres grupos, el primero corresponde a la raza antillana, el segundo a las razas guatemalteca y parte de mexicana, el último a la raza mexicana. De cada grupo se obtuvo un mapa de distribución potencial, los estados de mayor predicción para exploración y colecta son Tamaulipas, Veracruz, Campeche y Yucatán. Se encontró que *P. liebmannii* y *P. shiedeana* están distribuidas ampliamente en el país y éstas ya se tienen en los herbarios bien representadas, existen otras 19 especies que en su conjunto se distribuyen dentro de toda la República Mexicana, pero cada especie en regiones geográficas con condiciones climáticas diferentes.

Palabras clave: *Persea*; FloraMap, distribución, probabilidad.

INTRODUCCIÓN

FloraMap es un programa especializado que ha sido desarrollado para predecir y mapear la distribución de plantas, además, de las áreas de posible adaptación climática de especies silvestres. Asumiendo que el clima del lugar en donde se encuentra la especie de interés, es representativo de la amplitud ambiental del organismo. Posteriormente, a través de un análisis multivariado calcula superficies de probabilidad para encontrar la especie (Jones *et al.*, 2002).

Este programa se ha utilizado con éxito en la predicción geográfica de especies de *Passiflora* en cinco países Andinos y para definir la colección núcleo de *Phaseolus* en América (Tohme *et al.*, 1995; Segura *et al.*, 2003).

Para poder llevar a cabo este análisis en el Sistema de Información Geográfica (GIS) se requieren datos de la latitud, longitud y altitud de cada colecta. Con los mapas de probabilidad de posibles áreas de distribución se pretende realizar un plan de colectas dirigidas, considerando los sitios con mayor oportunidad de encontrar y coleccionar germoplasma de aguacate y especies afines que aún falta conservar en los bancos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El inventario de los bancos de germoplasma y de los herbarios del Capítulo 1, sirvió de base para la realización de este capítulo, la información obtenida se reunió en una base de datos básica para poder analizar los datos mediante el programa de biodiversidad cartográfica de germoplasma llamado FloraMap 1.1 (Jones y Gladkov, 1999) con el fin de predecir la distribución del género *Persea* en México con base al desarrollo de modelos climáticos que incluye el programa.

Para el análisis con FloraMap sólo se utilizaron los datos de los herbarios consultados en línea; posteriormente, con un sistema de información de consulta, se buscan las especies de interés en la base de datos de los herbarios visitados y de los bancos de germoplasma si ya se cuenta con la accesión resultante de las proyecciones del programa.

RESULTADOS

De los datos de 827 accesiones capturadas, correspondientes a 25 especies diferentes, fueron geoposicionados con la latitud y longitud, posteriormente para obtener la altitud, debido a que para el análisis con FloraMap es recomendable contar con estas tres variables. Sin embargo, sólo 568 ejemplares (69 %) tuvieron las variables necesarias para obtener la altitud (Cuadro 10), por lo cual, dos especies, *P. nubigena* y *P. parviflora*, resultaron, además de mal representadas por la escasez de ejemplares en los herbarios, fuera del análisis.

De los datos geoposicionados, 343 pertenecieron a *Persea americana* Mill. (Figura 4) incluyendo a las tres razas existentes, éstos se analizaron con el programa FloraMap. Con el fin de tener áreas de predicción de posibles sitios de distribución de esta especie y sus tres razas en México.

El dendrograma resultante, producto del análisis de agrupamiento de las variables climáticas obtenidas con el GIS (Geographic Information System), generó una división de tres conglomerados (Figura 5), cada uno con diferente número de subconglomerados.

Cuadro 10. Número de accesiones de *Persea* por especie con y sin coordenadas.

Especie	Sin Coordenadas	Con Coordenadas	Total
<i>Persea americana</i>	105	343	448
<i>Persea bourgeauviana</i>	0	1	1
<i>Persea brevipetiolata</i>	0	1	1
<i>Persea chamissonis</i>	7	5	12
<i>Persea cinerascens</i>	3	1	4
<i>Persea donnell-smithii</i>	6	4	10
<i>Persea flavifolia</i>	0	2	2
<i>Persea floccosa</i>	1	1	2
<i>Persea hintonii</i>	15	10	25
<i>Persea liebmannii</i>	49	56	105
<i>Persea longipes</i>	9	15	24
<i>Persea nubigena</i>	3	0	3
<i>Persea pachypoda</i>	0	2	2
<i>Persea palustris</i>	0	1	1
<i>Persea parviflora</i>	1	0	1
<i>Persea parvifolia</i>	9	5	14
<i>Persea podadenia</i>	5	5	10
<i>Persea podaderia</i>	0	1	1
<i>Persea purpusii</i>	14	14	28
<i>Persea rufescens</i>	4	4	8
<i>Persea schiedeana</i>	13	35	48
<i>Persea (sin identificación)</i>	10	53	63
<i>Persea</i> sp. nov.	0	3	3
<i>Persea standleyi</i>	0	1	1
<i>Persea steyermarkii</i>	0	1	1
<i>Persea vesticula</i>	5	4	9
Total	259	568	827



Figura 4. Ubicación geográfica de 343 ejemplares de herbario pertenecientes a *Persea americana* Mill. (aguacate) colectados en México.

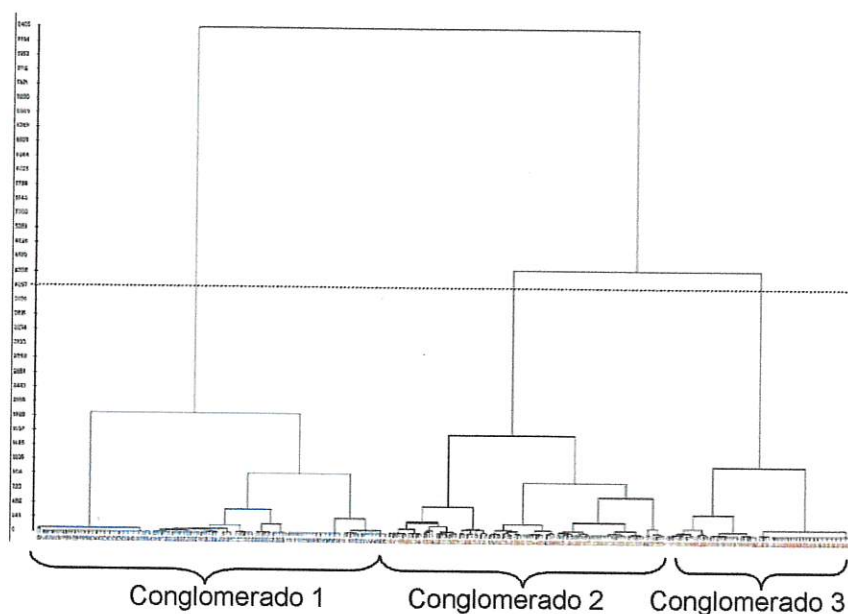


Figura 5. Dendrograma mediante el método de Ward derivado del análisis con FloraMap de 343 ejemplares de herbario pertenecientes a *Persea americana* Mill. (aguacate) colectados en México.

Derivado del análisis se obtuvieron mapas de distribución potencial de cada uno de los conglomerados (Figura 5).

El conglomerado 1 se encuentra distribuido cercano en las costas del Golfo de México y parte del interior de la Península de Yucatán (Figura 6), por lo que es posible que se trate de la raza Antillana, que se puede encontrar en el clima tropical de baja altitud.



Figura 6. Distribución potencial del conglomerado 1 obtenido mediante el análisis con FloraMap, aparentemente son de la raza Antillana.

El conglomerado 2 presentó la mayor amplitud de probabilidad de distribución de *Persea americana* Mill. (Figura 7), donde existe la posibilidad que sean las razas Guatemalteca y Mexicana, la raza Guatemalteca distribuida en mayor probabilidad en Oaxaca y Chiapas, y corresponde al subconglomerado 1 (Figura 5). La raza Mexicana distribuida con mayor probabilidad hacia el norte en la parte coincidente fronteriza de los estados de Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo (Figura 7) y representado por el subconglomerado 2.

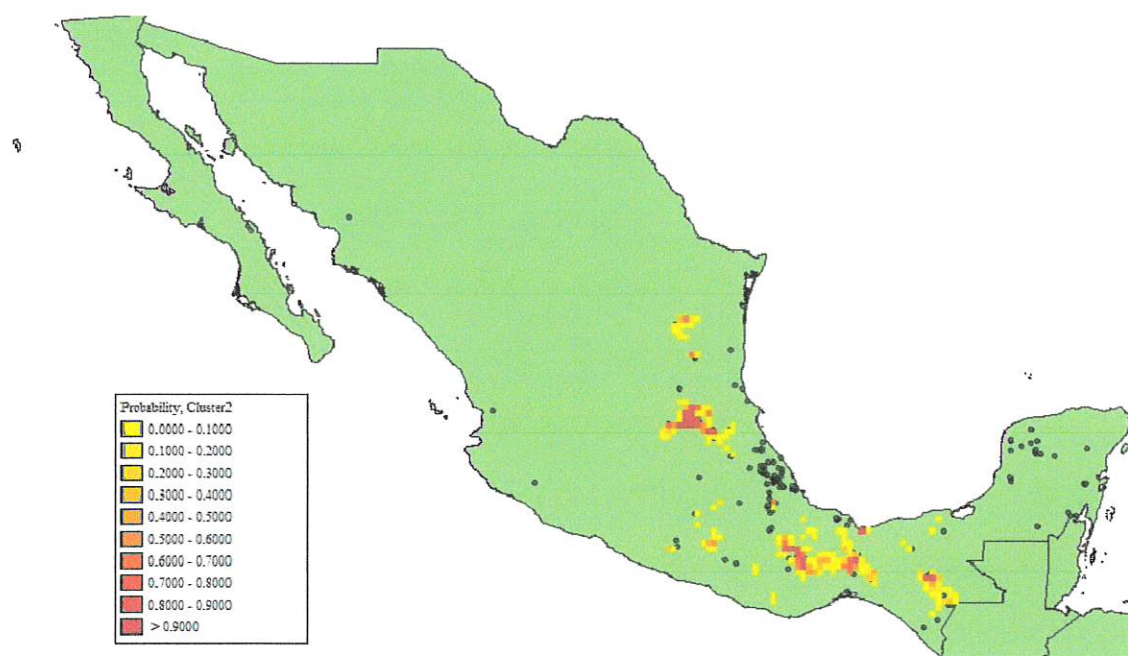


Figura 7. Distribución potencial del conglomerado 2 obtenido mediante el análisis con FloraMap, aparentemente son de la raza Guatemalteca y Mexicana.

Para el caso del conglomerado 3 aparentemente se trata de la raza Mexicana (Figura 8) que está confinada a lugares como Noreste de Puebla con los límites de Veracruz y, en las laderas del Pico de Orizaba y la Sierra de Zongolica en Veracruz (Figura 9).

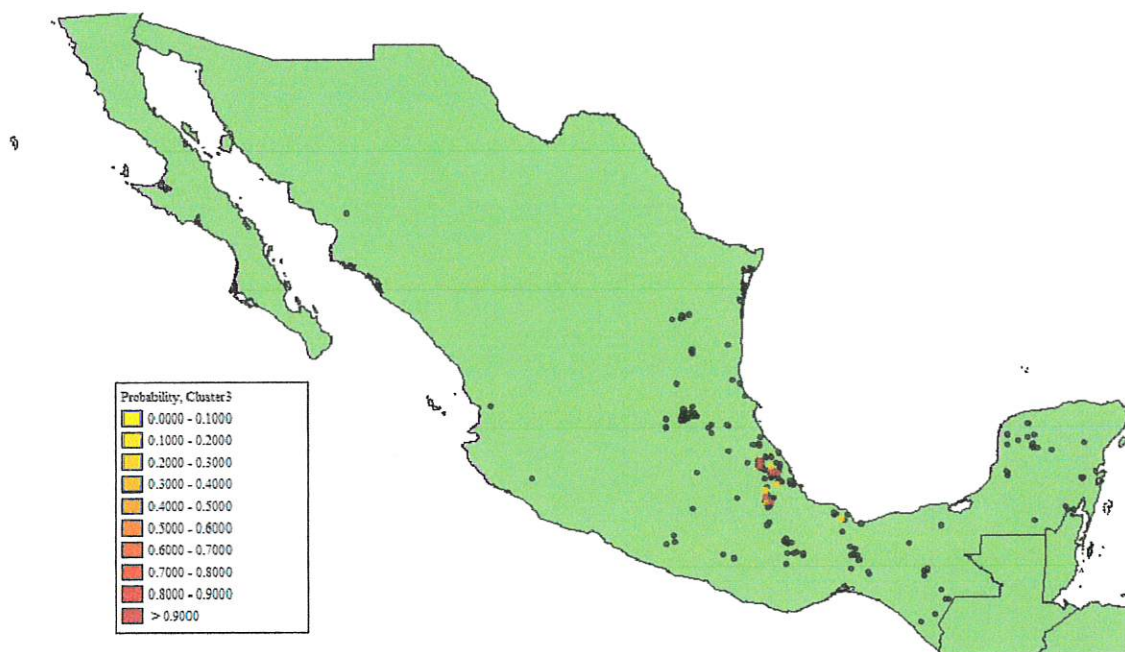


Figura 8. Distribución potencial del conglomerado 3 obtenido mediante el análisis con FloraMap, aparentemente son de la raza Mexicana.

Por tanto, derivado del análisis de los conglomerados, se observa que los estados de mayor predicción son en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Campeche y Yucatán, donde Veracruz es el estado donde se da una mayor cobertura, además de una mayor probabilidad de encontrar la raza antillana (Figura 9).



Figura 9. Distribución potencial considerando la mayor probabilidad de los tres conglomerados.

En el caso de las demás especies se encontró que *Persea liebmannii* es la segunda especie más colectada por los botánicos (Cuadro 11) y que está ampliamente distribuida en la República Mexicana (Figura 10); otra especie con alto número de ejemplares de herbario (48 ejemplares y de ellos 35 con coordenadas) es *Persea schiedeana* que se encuentra distribuida en San Luis Potosí, Veracruz, Puebla, Tabasco, Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo (Figura 11).

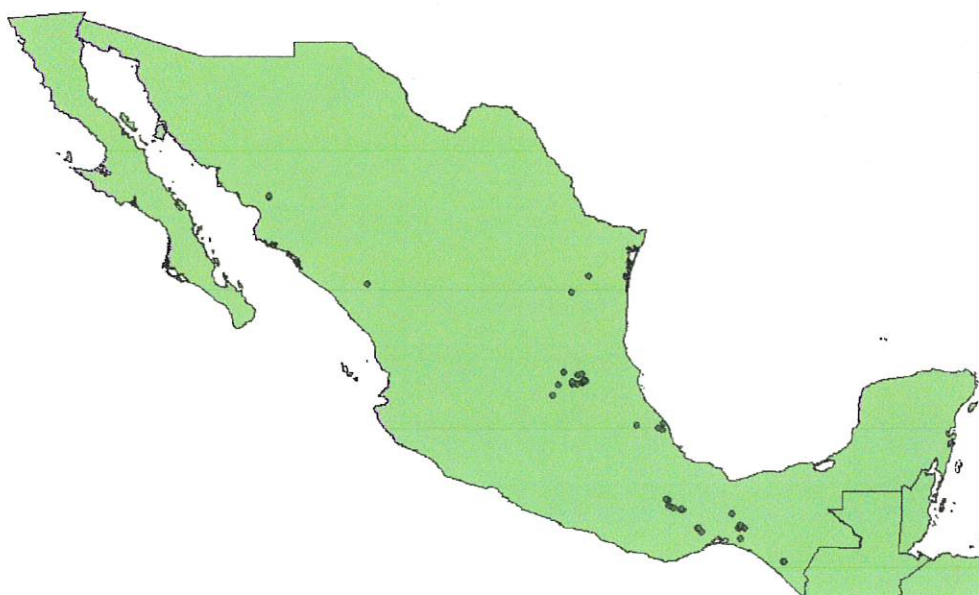


Figura 10. Distribución de ejemplares de herbario pertenecientes a *Persea liebmannii* colectados en México.

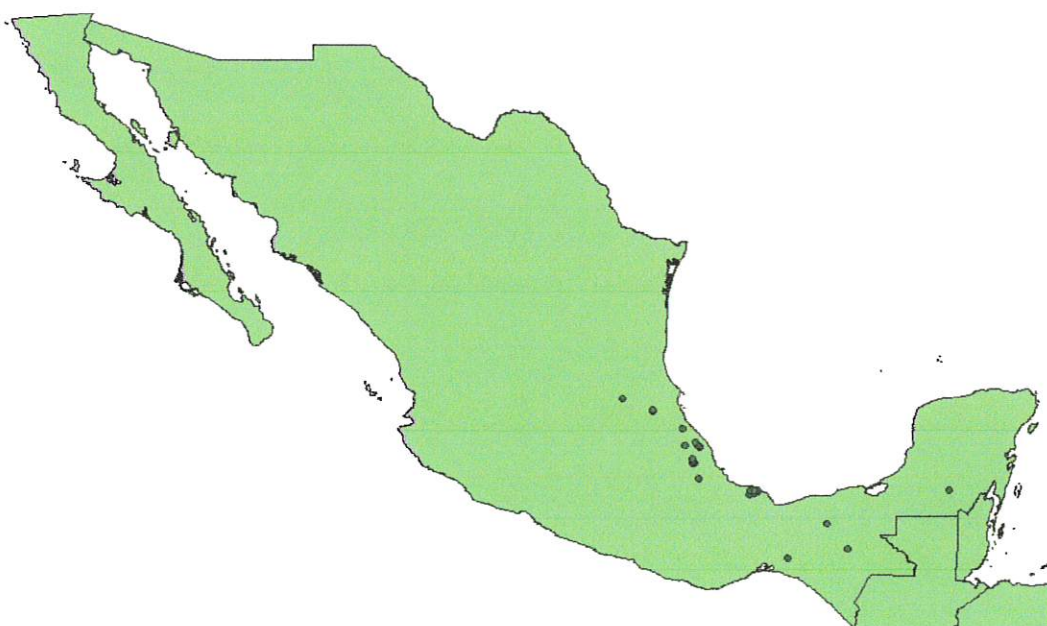


Figura 11. Distribución de ejemplares de herbario pertenecientes a *Persea schiedeana* colectados en México.

Referente al resto de las especies con colectas que van desde una y hasta 28 ejemplares de herbario su distribución es amplia en todo el conjunto (Figura 12). Donde es evidente que existen especies distribuidas desde el norte hasta el sur y desde el este hasta el oeste de la República Mexicana.

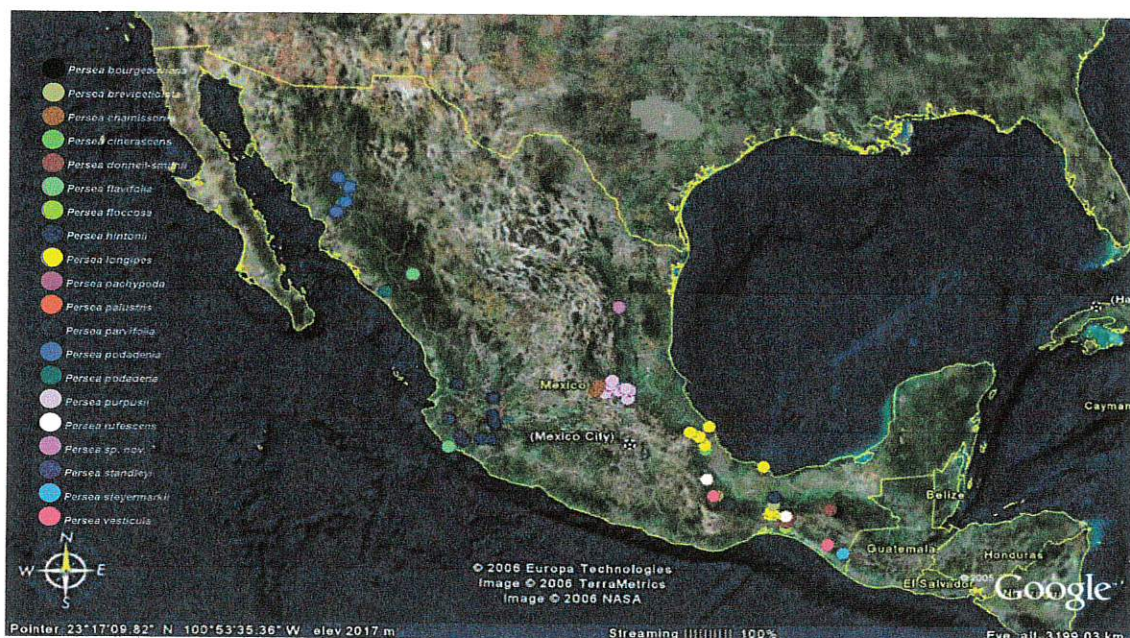


Figura 12. Distribución de ejemplares de herbario pertenecientes a 19 especies de *Persea* y a tres ejemplares supuestamente de especies nuevas, colectadas en México.

Cabe resaltar nuevamente que de estos ejemplares hay 7 especies donde hay una sola colecta (Cuadro 10) por lo que se deben de considerar como individuos prioritarios para colectar.

Para realizar el Plan de Colecta Dirigida de Germoplasma de Aguacate en México se debe considerar lo que ya se ha colectado y que se encuentra en el

Depositorio Nacional de Germoplasma de Aguacate, y por otra parte el inventario que se ha realizado de ejemplares de herbario para predecir lugares de colecta, con ayuda del sistema de información de consulta.

Por otra parte se debe considerar en cada misión la inclusión de varias especies con el fin de ver si es posible coleccionar en una ruta varios ejemplares, de manera que se pueda realizar la exploración y colecta eficientemente, ya que hay casos donde se pueden encontrar hasta cinco especies en una zona específica (Figura 13).

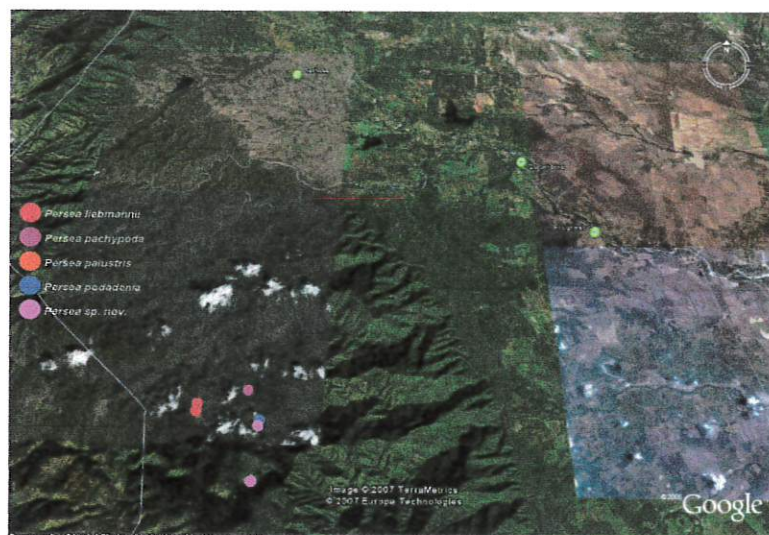


Figura 13. Distribución de ejemplares de herbario en Tamaulipas, colindando con Nuevo León, pertenecientes a 5 especies de *Persea* colectados en México.

DISCUSIÓN

Derivado de los mapas de posible distribución y puntos específicos de ejemplares de herbario, se puede indicar que en el caso de *Persea americana* Mill., que es el aguacate, existen varias colectas realizadas de la raza Mexicana en los bancos de germoplasma, sin embargo hay una carencia de colectas del área compartida de los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, y en Oaxaca.

En el caso de la raza Antillana hay un gran vacío de colectas en Veracruz, Tabasco y Oaxaca. Por otra parte, la raza Guatemalteca se ha colectado en buena medida en Chiapas, pero faltan ejemplares de Oaxaca y Veracruz, donde de acuerdo a las predicciones existen.

Con respecto a *Persea schiedeana*, existe el estudio de Cruz-Castillo (2007) quien ha georeferenciado individuos de esta especie en Veracruz y Tabasco, por lo que queda cubierta esta especie en esos estados, pero aún faltan ejemplares del Norte de Puebla y San Luis Potosí, además de individuos de la parte alta de Chiapas conocidos por los Tzentaes como "Hib" (Barrientos *et al.*, 1992).

Las demás especies deben de ser colectadas en su totalidad ya que no se cuenta con dos representantes del subgénero *Eriodaphne* (López-López *et al.*,

1997), por lo que hay que utilizar los datos de latitud y longitud para realizar cada colecta (Anexo 1).

Las misiones de exploración y colecta de las especies del subgénero *Eriodaphne* tendrán que realizarse obteniendo semilla, ya que no hay compatibilidad vegetativa (para injertar) con el subgénero *Persea* (Frolich *et al.*, 1958), por lo que es posible que se tengan que realizar varias misiones para obtener fruto maduro.

Del mapa generado de la ubicación de los ejemplares de aguacate (*Persea americana* Mill.) se encontró que prácticamente esta especie está confinada a una mitad de la República Mexicana, sorprendente y prácticamente no hay colectas en estados como Michoacán donde cualquiera pensaría que existiera gran cantidad de éstas, ya que es la principal zona productora de aguacate en el mundo, pero aparentemente no existen ejemplares colectados. La posible explicación de esto es que la mayoría de las colectas son derivadas de exploraciones o misiones botánicas donde se colecta en sitios con vegetación natural preferentemente, por lo que en sitios como Michoacán no existen reportes hasta el día de hoy de aguacate silvestre como tal, sólo los famosos “criollos” que tal vez fueron introducidos de otros sitios como Veracruz, que de acuerdo a Williams (1977) es donde se dio el origen de la raza Mexicana, que se considera como la raza más antigua entre los aguacates. Aunque si se ha colectado *Persea cinerascens* en Tacámbaro, Michoacán (García, 1972).

Williams (1977) considera que alrededor del Pico de Orizaba en su parte colindante a Veracruz es donde se dio el origen al aguacate y, Zongolica como el sitio donde provinieron los aguacates que se encontraron en las cuevas de Tehuacán que datan de los años 8,000 y 7,000 a. de C. y que según Smith (1966) ya era consumido por los antiguos pobladores. Por lo que pensamos que una parte del conglomerado 2 obtenido del análisis con FloraMap, representa a los aguacates de la raza Mexicana más antiguos y que sorprendentemente el Sistema de Información Geográfica (GIS), los separa.

García y Tsunewaki (1977) en su estudio con isoenzimas encontraron una gran variación en la raza Mexicana, asociado al estado de la República en donde fue colectado el ejemplar. Además, se ha detectado que a nivel de marcadores moleculares AFLP's existe una gran variación genética en la raza Mexicana (Chao *et al.*, 2003), abriendo la posibilidad de que esta raza haya sufrido modificaciones en su adaptación particular de acuerdo a áreas de dispersión, lo cual parece confirmar lo encontrado en los mapas de posible distribución geográfica.

Aunque *Persea liebmannii* es la segunda especie más colectada y encontrada en los herbarios, se han observado ejemplares a los cuales recientemente se le ha cambiado el nombre, reclasificándolos como *Persea liebmannii* y no sabemos si esto es correcto, ya que se han propuesto sinonímias con *Persea podadenia* y *Persea flavifolia* (van der Herff, 2002; Lorea-Hernández, 2002), lo cual pensamos está en duda ya que esta especie

- Garcia, A. y K. Tsunewaki. 1977. Cytogenetical studies in the genus *Persea* (Laureceae). III. Electrophoretical studies on peroxidase isozymes. Japan J. Genetics Vol. 52, No. 5: 379-386.
- Jones, P. G. y A. Gladkov. 1999. FloraMap: a computer tool for predicting the distribution of plants and the other organisms in the wild. Version 1.1. Jones, A. L. (ed.). CIAT CD ROOM Series. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 99 p.
- Jones, P. G., L. Guarino and A. Jarvis. 2002. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 2. FloraMap. Plant Genetic Resources Newsletter 130: 1-6.
- López-López, L., M. Rubí-Arriaga, A. D. Ben-Ya'acov y A. F. Barrientos-Priego. 1997. La biodiversidad del género *Persea* y especies afines preservados en los bancos de germoplasma del estado de México. Revista Chapingo Serie Horticultura 3(1): 51-54.
- Lorea-Hernández, F. G. 2002. La familia Lauraceae en el sur de México: diversidad, distribución y estado de conservación. Bol. Soc. Bot. Méx. 71: 59-70.

- Jones, P. G. and A. Gladkov. 1999. FloraMap: a computer tool for predicting the distribution of plants and the other organisms in the wild. Version 1.1.
- Jones, A. L. (ed.). CIAT CD ROOM Series. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 99 p.
- Popenoe, W. 1935. Origin of the cultivated races of avocados. California Avocado Association Yearbook. pp. 184-194.
- Sánchez-Pérez, J. de la L. 1999. Recursos genéticos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 7-18.
- Schroeder, C. A. 1951. Avocado materials for horticultural research. California Avocado Society Yearbook 35: 107-112.
- SAGARPA. 2007. SIACON. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/siacon.html>, Consultado, Noviembre del 2007.
- Zentmyer, G. A. and E. Schieber. 1987. The search for resistance to *Phytophthora* root rot in Latin America. South African Avocado Growers' Association Yearbook 10: 109-110.

Anexo 1. Coordenadas de colecta para la conservación de germoplasma del género *Persea* en la República Mexicana

Especie y coordenadas de colecta		Especie y coordenadas de colecta	
<i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i>		<i>Persea cinerascens</i>	
19.5830 N, 96.9170 W	21.4170 N, 99.4170 W	19.1833 N, 96.7500 W	
19.7500 N, 97.2500 W	20.9170 N, 98.7500 W		
18.7500 N, 96.9170 W	21.5830 N, 99.2500 W	<i>Persea nubigena</i>	
19.5830 N, 96.7500 W	21.0830 N, 99.2500 W	Se tienen suficiente representantes en los bancos de germoplasma	
18.9170 N, 97.0830 W	17.2500 N, 96.0830 W		
19.9170 N, 97.2500 W	17.5830 N, 96.4170 W		
21.2500 N, 99.2500 W	17.2500 N, 94.5830 W	<i>Persea flavifolia</i>	
21.2500 N, 99.4170 W	18.0830 N, 94.4170 W	24.9700 N, 106.1983 W	19.2267 N, 104.8150 W
21.4170 N, 99.2500 W	17.0830 N, 96.0830 W		
21.0830 N, 99.4170 W	16.7500 N, 92.4170 W	<i>Persea floccosa</i>	
21.2500 N, 99.0830 W	17.4170 N, 96.2500 W	16.3683 N, 94.1950 W	
21.0830 N, 99.5830 W			
<i>Persea americana</i> var. <i>guatemalensis</i>		<i>Persea pachypoda</i>	
17.2500 N, 96.0830 W	17.0830 N, 96.0830 W	24.0111 N, 99.4753 W	
17.5830 N, 96.4170 W	16.7500 N, 92.4170 W		
17.2500 N, 94.5830 W	17.4170 N, 96.2500 W	<i>Persea bourgeauviana</i>	
18.0830 N, 94.4170 W		16.8200 N, 92.5050 W	
<i>Persea americana</i> var. <i>americana</i>		<i>Persea brevipedunculata</i>	
18.4170 N, 95.2500 W	19.2500 N, 96.5830 W	17.2000 N, 94.5667 W	
19.2500 N, 96.2500 W			
<i>Persea liebmannii</i>		<i>Persea palustris</i>	
26.9917 N, 108.9667 W	19.8333 N, 97.4500 W	24.0000 N, 99.5000 W	
24.6667 N, 105.9000 W	19.7500 N, 96.6500 W		
24.5250 N, 98.9600 W	17.3850 N, 96.4370 W	<i>Persea parviflora</i>	
24.0000 N, 99.5000 W	16.6833 N, 95.5167 W	No hay datos de coordenadas, pero se sabe que la colecta fue hecha en los Mixe, Oaxaca.	
21.1481 N, 99.9200 W	16.7000 N, 94.0833 W		
21.2500 N, 99.0533 W	15.6500 N, 92.8333 W		
<i>Persea schiedeana</i>		<i>Persea podadera</i>	
21.3200 N, 99.0533 W	16.5833 N, 94.1833 W	24.3603 N, 107.0758 W	
20.9500 N, 98.1667 W	17.6000 N, 93.0164 W		
19.9333 N, 97.2167 W	16.8753 N, 92.4128 W	<i>Persea standleyi</i>	
19.4319 N, 96.9475 W	18.5925 N, 89.4178 W	19.7833 N, 96.6833 W	
18.5167 N, 95.1500 W			
<i>Persea purpusii</i>		<i>Persea steyermarkii</i>	
21.1481 N, 99.9200 W	21.2217 N, 99.4733 W	Se tienen suficiente representantes en los bancos de germoplasma	
21.4000 N, 99.8000 W	21.2850 N, 99.2383 W		
21.5467 N, 99.6883 W	20.9500 N, 99.2000 W		

Especie y coordenadas de colecta		Especie y coordenadas de colecta	
<i>Persea hintonii</i>		<i>Persea podadenia</i>	
21.3667 N, 104.6000 W	19.4500 N, 104.3600 W	28.1583 N, 109.0361 W	23.9917 N, 99.4667 W
20.9300 N, 103.4319 W	19.5272 N, 103.4381 W	26.9633 N, 108.9717 W	
20.1805 N, 104.8181 W	17.4500 N, 94.5500 W		
20.0900 N, 103.3764 W			
<i>Persea longipes</i>		<i>Persea vestícula</i>	
19.6247 N, 96.9414 W	18.5181 N, 94.9000 W	17.5931 N, 96.4764 W	15.6500 N, 92.8000 W
19.9528 N, 96.6225 W	16.8667 N, 94.7167 W	17.5833 N, 96.4917 W	
17.6000 N, 96.4000 W			
<i>Persea parvifolia</i>		<i>Persea rufescens</i>	
17.3000 N, 96.0333 W	17.2500 N, 96.0333 W	18.1667 N, 96.7000 W	16.7417 N, 94.1867 W
17.2833 N, 95.9833 W		16.7500 N, 94.1833 W	
<i>Persea chamissonis</i>		<i>Persea sp. nov.</i>	
21.3833 N, 100.1333 W	19.7986 N, 97.2453 W	23.9917 N, 99.4667 W	23.9667 N, 99.4667 W
21.2117 N, 100.2150 W			
<i>Persea donnell-smithii</i>			
19.7986 N, 97.2453 W	16.7167 N, 94.0833 W		
16.9000 N, 92.7167 W			

- Segura, S., G. Cooppens d'Eeckenbrugge, L. López, M. Grum, and L. Guarino. 2003. Mapping the distribution of five species of *Passiflora* in Andean countries. *Genetic Resources and Crop Evolution* 31(2): 118-130.
- Smith, C. E. Jr. 1966. Archaeological evidence for selection in avocado. *Economic Botany* 20(2): 169-175.
- Tohme, J., P. G. Jones, S. Beebe and M. Iwanaga. 1995. The combined use of agroecological and characterization data to establish the CIAT *Phaseolus vulgaris* core collection, pp. 95-115. *In*: Hodgkin T., Brown A. H. D., van Hintum Th. J. L. and Morales E. A. V. (eds.). Core Collection of Plant Genetic Resources. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Rome, Italy.
- van der Werff, H. 2002. A Synopsis of *Persea* (Lauraceae) in Central America. *Novon* 12: 575-586.
- Williams, L. O. 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. *Economic Botany* 31: 315-320.

CONCLUSIONES GENERALES

El presente estudio en su primer capítulo demostró que las colectas realizadas por parte de los herbarios han sido escasas para algunas especies de *Persea* y que los estados con mayor diversidad fueron Veracruz, Chiapas y Oaxaca. Junto con el análisis de los ejemplares colectados, se diseñó un sistema de información y consulta de todos los herbarios visitados, esta herramienta permite visualizar las especies colectadas en cada uno de los estados o en su caso, la distribución de cada especie en el país.

En el segunda capítulo, se liga la información recabada de los ejemplares estudiados con la distribución geográfica de cada uno de ellos para realizar un análisis multivariado con un Sistema de Información Geográfica. De esta manera, se obtuvieron mapas de distribución con superficies de probabilidades para encontrar ejemplares determinados. Esto permite definir rutas de exploración y colecta dirigidas por especie.

Se encontraron regiones prioritarias por su la alta variabilidad de especies con el fin de rescatar y conservar los recursos fitogenéticos que en ellas se encuentran.

LITERATURA CITADA GENERAL

- Barrientos-Priego, A. F. 1999. Conservation of avocado genetic resources in Mexico. *Subtropical Fruit News* 7(1): 1-2.
- Barrientos-Priego, A. F. y L. López-López. 2000. Historia y genética del aguacate, pp. 19-31. *In: El Aguacate y su Manejo Integrado*. Téliz, D., H. González, J. Rodríguez, R. Dromundo (eds.). Mundi-Prensa, México.
- Barrientos-Priego, A. F., W. Borys M., E. Escamilla-Prado, A. Ben-Ya'acov, E. De la Cruz-Torres and L. López-López. 1992. A study of the avocado germplasm resources, 1988-1990. IV. Findings in the Mexican Gulf Region. *Proc. of the Second World Avocado Congress 1991*. I: 551-558.
- Ben-Ya'acov, A. and E. Michelson. 1995. Avocado rootstocks. *Horticultural Reviews* 17: 381-429.
- FAO. 2007. FOASTAT. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. <http://faostat.fao.org>. Consultado, Noviembre del 2007.