

1999. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 7-18

RECURSOS GENÉTICOS DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.) Y ESPECIES AFINES EN MÉXICO

José de la Luz Sánchez-Pérez

INIFAP, Campo Experimental Uruapan, Av. Latinoamericana No. 1101, Col. Revolución, Uruapan, Mich. C.P. 60150, México. Tel. 01 452 37392 Fax 01 452 44095 E-mail: jsanchez@mail.compusep.com

RESUMEN

Con el objeto de conocer los recursos genéticos de aguacate y especies afines existentes en México, su distribución geográfica y diversidad genética, se han efectuado misiones de colecta en tres cuartos del territorio nacional (24 Estados). Se describen de manera preliminar los sitios y áreas de colecta. Los frutos, semillas y muestras vegetativas colectados, se caracterizaron de acuerdo a la guía UPOV. Se tiene una primera aproximación a la clasificación taxonómica, y se presentan las áreas del país con mayor diversidad genética conformadas por los Estados de Puebla, Michoacán, México Veracruz y Morelos en el Eje Neovolcánico Central; Veracruz y Tabasco en la llanura costera del Golfo; Chiapas y Oaxaca en el Sur; la Huasteca Potosina e Hidalguense entre la Sierra Madre oriental y la costa del Golfo, y la península de Yucatán al oriente. Adicionalmente se ha establecido una relación entre los taxones y el medio ambiente donde fueron colectados. A la fecha se cuenta con mas de 600 colectas donde se incluyen ejemplares de *Persea americana* Mill. con sus tres razas hortícolas, así como de *Persea schiedeana* Nees.

PALABRAS CLAVE: Recursos fitogenéticos, *Persea americana* y *Persea schiedeana*, colectas, caracterización, diversidad genética.

GENETIC RESOURCES OF AVOCADO (*Persea americana* Mill.) AN RELATED SPECIES IN MEXICO

SUMMARY

In order to know the avocado genetic resources distribution in México, and their genetic diversity, collecting missions have been achieved in 24 States. The collecting sites / areas are described, and the gathered material—vegetative, fruits and seeds -is characterized according the UPOV Guide. We have a preliminary taxonomic classification inside the genus *Persea*, and the major areas of genetic diversity are presented. Additionally, relationships between taxons and their environments have been established. Up to date, we have treated with about 600 accessions form *Persea americana* Mill. including the three horticultural races, and *Persea schiedeana* Nees.

KEY WORDS: Plant genetic resources, *Persea americana* and *Persea schiedeana*, Collecting, Characterization, Genetic diversity.

INTRODUCCIÓN

Los objetivos del presente trabajo fueron los de conocer que recursos genéticos de aguacate y especies afines existen en México, y cual es su distribución geográfica. Adicionalmente, se trató de relacionar los diferentes taxones con variables del medio ambiente donde se les encuentra para conocer sus áreas de adaptación. Se determinó coleccionar tantas variantes como fuera posible, para obtener una amplia base genética la que será conservada en colecciones de campo, y estará disponible para futuros trabajos de mejoramiento genético del aguacate.

La hipótesis de trabajo, es que México es uno de los países que posee la mayor diversidad genética de aguacate y especies afines.

ANTECEDENTES

Clasificación botánica

El aguacate (*Persea americana* Mill) es un miembro de la antigua y numerosa Familia vegetal de las Lauráceas, la cual comprende poco más de 50 Géneros entre los que se encuentra *Persea*.

La Familia Lauraceae comprende alrededor de 2200 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 (Bergh y Ellstrand, 1986).

El género *Persea* tiene un número desconocido de especies (Bergh, 1992), 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*, contiene unas pocas especies estrechamente relacionadas entre sí, incluyendo a *P. americana*, el aguacate comercial. El otro subgénero es *Eriodaphne*, bastante numeroso, variable, y claramente diferenciado; contiene además algunas especies que tienen una resistencia total a la mayor calamidad del aguacate: la pudrición de la raíz causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*. (Bergh y Ellstrand, 1986; Bergh, 1992). Desafortunadamente ambos subgéneros han mostrado ser incompatibles, por lo que todo intento de hibridarlos, ó de injertar *P. americana* sobre especies de *Eriodaphne*, invariablemente han fracasado (Bergh y Ellstrand, 1986; Bergh, 1992).

En el subgénero *Persea* se incluye *P. schiedeana* ("chinini"), a varias especies cuestionables (Zentmyer y Schieber, 1992), y varias otras formas que probablemente serían mejor considerarlas como subespecies adicionales de *P. americana*, tales como *P. floccosa*, y *P. nubigena* (Storey *et al.*, 1986; Bergh, 1992).

Origen y dispersión

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 del aguacate, y probablemente de todo el subgénero *Persea* (Bergh y Ellstrand, 1986; Storey *et al.*, 1986; Schroeder, 1990; Hawkes, 1991; Ben Ya'acov, 1992, 1992a; Bergh, 1992). Esa área general coincide en

gran parte con la descripción de Vavilov (1931, 1951, citado por Hawkes, 1991), del llamado centro Principal de Origen VII, que incluye a México, Centroamérica y el Caribe.

Desde ese Centro de Origen, el aguacate se dispersó hacia Norteamérica por México hasta el Sudeste de los EEUU; hacia Las Antillas, todo Centroamérica y gran parte de Sudamérica: Colombia, Venezuela, Las Guayanas, Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. Esa dispersión tan amplia a través de las áreas de desarrollo de civilizaciones antiguas, se explica por la alta estima que los indígenas tenían por ese fruto carnoso, tan nutritivo y de sabor único.

Domesticación

Evidencias arqueológicas señalan que el aguacate era consumido por los pueblos nativos desde hace casi 10,000 años. Su cultivo se habría iniciado posiblemente hace unos 6,000 años (Storey *et al.*, 1986; Schieber y Zentmyer, 1992)

No se sabe cuándo se inició una selección consciente del aguacate primitivo en busca de mejor calidad de fruto para su propagación. Smith (1966) citado por Storey *et al.* (1986), consideró que eso pudo haber ocurrido hacia el año 900 A. C.; sin embargo, sus evidencias han sido muy cuestionadas (Storey *et al.*, 1986).

Según Kopp (1966), el origen de las actuales formas de aguacate es oscuro debido a su estrecha conexión con representantes de civilizaciones muy antiguas del área México-Guatemala-Honduras, quienes valoraban mucho sus frutos. Ese es por lo tanto un problema de Etnobotánica.

Gama y Gómez (1992), realizaron un estudio en la región Maya de México y Centroamérica para adentrarse más en los aspectos de Etnobotánica con relación al aguacate. De acuerdo con sus conclusiones, la domesticación del aguacate ocurrió hace miles de años, cuando los antiguos pobladores movieron plantas de su medio silvestre hacia la cercanía de sus sitios de morada, a huertos, y luego las semillas ahí obtenidas fueron regresadas al medio silvestre.

Aseguran esos autores que el tamaño del fruto no ayuda a diferenciar entre formas silvestres y cultivadas, ya que en ambas, diferentes árboles producen fruta de diferente tamaño, especialmente en áreas tropicales. Argumentan que esa es la razón por la cual no hay una clara distinción botánica, etnobotánica o ecológica entre aguacates cultivados, y los silvestres procedentes de bosques naturales. Ello hace que la diferenciación entre formas silvestres y cultivadas sea una tarea muy difícil y quizás imposible. Terminan diciendo que ese mismo modelo se ha encontrado en otros árboles frutales tropicales.

Ben Ya'acov (1992), parece apoyar en parte esa hipótesis al reportar un tipo de fruto muy grande de *P. americana* ssp. *Guatemalensis*, muy primitivo, en las montañas de Costa Rica. Por otra parte, Zentmyer (Storey *et al.*, 1986) colectó formas muy primitivas de aguacate *P. americana* spp. *drymifolia* con frutillos de apenas 2 cm de largo.

Las especies de *Persea* se han venido utilizando desde hace miles de años no sólo por su fruto en la alimentación humana, sino también se han utilizado los árboles como leña, en la construcción de viviendas, elaboración de herramientas de trabajo, como árbol de sombra, como alimento de animales domésticos, condimento y medicina

(Bergh y Ellstrand, 1986; Gama y Gómez, 1992) y. Otros usos mas recientes han sido la elaboración de té y vinos, aceite de cocinar y cosméticos (Schroeder, 1990; Bergh y Ellstrand, 1986; Bergh, 1992).

Las tres razas hortícolas

No se puede asegurar que las antiguas civilizaciones ó grupos étnicos que participaron en el proceso de domesticación del aguacate, hayan contribuido de alguna manera a la diferenciación de *P. americana* en subespecies, pero es evidente que se dieron tipos divergentes que se desarrollaron en aislamiento geográfico que finalmente dieron lugar a tipos botánicos distintos (Storey *et al.*, 1986), con diferencias además en adaptación climática (Bergh, 1992).

Tres de esos tipos diferentes son en la actualidad ampliamente conocidos a nivel mundial como subespecies o variedades botánicas de *P. americana*: *P. americana* ssp *drymifolia*, *P. americana* ssp. *guatemalensis* y *P. americana* ssp *americana* (Bergh, 1992). Desde hace varios años esos tres tipos se han conocido en los círculos hortícolas como razas ecológicas ó razas hortícolas: Mexicana, Guatemalteca y Antillana respectivamente (Bergh, 1992; Bergh y Ellstrand, 1986). Las razas Mexicana y Guatemalteca se originaron y domesticaron en las tierras altas de México y Guatemala respectivamente (Storey *et al.*, 1986; Bergh, 1992) mientras que la raza Antillana muy probablemente tuvo su origen en la costa del Pacífico de Centroamérica, desde Guatemala hasta Costa Rica (Storey *et al.*, 1986).

Esas tres razas no son lo suficientemente diferentes como para ser consideradas especies diferentes, pero sí lo son para considerarse como formas separadas ya sea como subespecies o variedades botánicas (Bergh y Ellstrand, 1986; Storey *et al.*, 1986). Ya que las tres razas tienen un genoma muy parecido ($2n=24$). La hibridación entre ellas ocurre con facilidad y sus híbridos obtienen ventajas de adaptación climática, así como características agronómicas mejoradas (Bergh, 1992).

El orden de adaptación tropical de las tres razas, de mayor a menor es: Antillana. Guatemalteca y Mexicana. En una zona tórrida, a una misma latitud, desde el nivel del mar hasta 1,000 m de altitud, se adapta la raza Antillana, junto con algunos frutales como mango y árbol del pan. Entre 1,000 y 2,000 msnm se adapta la Guatemalteca, con cítricos, chirimoya y otros. De unos 1,500 a 3,000 msnm las líneas Mexicanas se desempeñan mejor junto con manzanos, duraznos, bosque de pino-encino, etc. (Bergh, 1992; Gama y Gómez, 1992). Sin embargo, como lo señala Bergh (1992), las tres razas pueden convivir y prosperar bien una junto a otra en partes de Israel y Marruecos, así como tal vez en otras partes del mundo.

Diversidad genética

En el área de origen del aguacate con sus tres razas, se ha dado a través de miles de años un proceso que ha generado una gran diversidad genética (Ben Ya'acov, 1992a); decenas de miles de árboles silvestres provenientes de semilla (francos) existen actualmente bajo condiciones ecológicas muy variadas. La selección natural principalmente y la acción (selección) del hombre durante miles de años, ha producido tipos adaptados a esas regiones (Ben ya'acov, 1992; Gama y Gómez, 1992).

Por ser el aguacate una especie de polinización abierta contiene una gran variabilidad genética, con posibilidades casi ilimitadas para su aprovechamiento (Bergh, 1992; Zentmyer y Schieber, 1992). Una amplia diversidad de germoplasma permite el avance del conocimiento botánico y agronómico así como el desarrollo de nuevos cultivares (variedades cultivadas). Varios problemas prácticos y restricciones mayores en la producción de aguacate, tales como enfermedades, salinidad, producción, calidad, precocidad a madurez, etc., quizás pudieran encontrar solución en los recursos genéticos de *Persea* (Bowman y Scora, 1992).

De esta manera, la utilización de la diversidad genética existente ya sea como variedades, portainjertos y en general para el mejoramiento de la especie, es invaluable para el desarrollo del aguacate bajo condiciones de stress (Ben Ya'acov, 1992; Gama y Gómez, 1992; Zentmyer y Schieber, 1992). Investigaciones sobre la posible utilización de parientes botánicos del aguacate para la obtención de genotipos mejorados, han puesto al descubierto un amplio rango de materiales vegetales que como el aguacate tienen frutos y plantas útiles e interesantes (Schroeder, 1990).

El mejoramiento genético, como la misma evolución de una especie bajo cultivo, depende de la variación existente dentro de la especie, incluyendo la de sus ancestros silvestres ó cultivados.

Erosión Genética y Extinción de Especies

Si bien por una parte se reporta la existencia de una amplia diversidad genética del aguacate y sus parientes silvestres, desafortunadamente la destrucción de los hábitats naturales está ocurriendo a un paso alarmante. La extinción del bosque tropical con su taxa *Lauraceae*, incluyendo parientes del aguacate es especialmente trágica (Bowman y Scora, 1992).

Durante las últimas tres décadas, los materiales nativos y semisilvestres de aguacate han estado desapareciendo rápidamente, al igual que otras especies nativas y a menudo aún más rápido (Ben Ya'acov, 1992a). En Ecuador, *Persea theobromifolia* ha sido reportada como casi extinta (Gentry, 1979, citado por Barrientos *et al.*, 1992); conforme esos hábitats son alterados, un número desconocido de especies está desapareciendo no digamos antes de ser estudiadas, sino antes de reconocerlas. Hay indicaciones de que las actuales estrategias de conservación están fallando (Zentmyer, 1995).

El Dr. Raven citado por Zentmyer (1992a), señala que “los bosques tropicales están siendo derribados a una tasa de un acre por segundo... Hay una estimación de extinción en los próximos 30 años de quizás 65,000 especies vegetales. Un desastre para la biodiversidad”, y termina sentenciando: “Sostenibilidad y preservación de la biodiversidad son las dos caras de una misma moneda”.

Para el caso del Género *Persea* y especies relacionadas, las principales causas de la pérdida de nuestros recursos genéticos en México son:

- 1) El derribo de bosques para la apertura de nuevas áreas a la agricultura y la ganadería, 2) el sobrepastoreo de agostaderos, 3) los incendios forestales, 4) el avance de las áreas urbanas, 5) el uso de la madera, 6) injertación con otras variedades

(Barrientos *et al.*, 1992; Ben Ya'acov, 1992, 1992a; Bowman y Scora, 1992; Zentmyer, 1995).

La urgencia de la conservación

Por lo señalado en párrafos anteriores, existe un consenso generalizado de que es necesario desarrollar nuevas estrategias de conservación de nuestros recursos genéticos.

Por una parte, se creía que la conservación de los parientes silvestres del aguacate probablemente sería mejor realizada *in situ* o como poblaciones naturales en su lugar de origen (Bowman y Scora, 1992), pero debido a la acelerada destrucción de esos hábitats, es necesario proceder a su rescate para su preservación, bajo un programa de administración de colecciones de recursos genéticos que contemple las necesidades actuales y futuras, asociado con facilidades para la investigación (Ben Ya'acov, 1992a; Bowman y Scora, 1992). En exploraciones y colectas de *Persea* realizadas de 1990 a 1992, se encontraron en México aguacates primitivos silvestres y parientes también silvestres. Estamos ante la última oportunidad para salvarlos (Ben Ya'acov *et al.*, 1992; Barrientos *et al.*, 1992).

Aún en el caso de hábitats considerados "seguros", la investigación y el mejoramiento del aguacate requieren de un acceso frecuente, rápido y fácil de algunas muestras de la población, por lo que éstas deberían ser mantenidas cerca de donde realizan sus actividades los investigadores (Bowman y Scora, 1992).

Para el aguacate es crítico conservar tantos tipos nativos como sea posible y estudiar su importancia para el aguacate cultivado (Ben Ya'acov *et al.*, 1992). La preocupante realidad es que ya se han perdido varias potenciales colectas de especies nativas de *Persea*, debido a la eliminación de sus hábitats. Nunca se sabrá si alguna de ellas podría haber tenido en su germoplasma los medios para remediar una enfermedad del aguacate, o mejorar el rendimiento, ó la calidad del fruto (Zentmyer, 1995).

Los usos de los recursos genéticos vegetales para cultivos importantes como el aguacate, pueden ser cambiantes conforme la industria del cultivo evoluciona en respuesta a condiciones alteradas, producción o preferencias del consumidor. Preguntas o problemas que actualmente parecen apropiados, seguramente serán reemplazados por otras preocupaciones y necesidades en los años venideros. Estos argumento y otros, claramente indican la necesidad de recursos genéticos del cultivo. ¿Cómo podremos nosotros asegurar que el germoplasma estará disponible cuando lo necesitemos? (Bowman y Scora, 1992).

El tipo de colección de germoplasma administrado para perennes como el aguacate, por consideraciones prácticas, se requiere que el material sea mantenido como árboles sexualmente maduros en un campo o área protegida. Todo señala a una urgente necesidad de constitución de bancos de germoplasma adecuados, los cuales no pueden ser sustituidos por métodos emergentes como la micropropagación y la crioconservación, sino más bien éstos serían apoyos, o para incrementar la efectividad (Bowman y Scora, 1992).

MATERIALES Y METODOS

Durante el período comprendido entre los años 1994 y 1998, se realizaron viajes de colecta de aguacate a 24 Estados de la República Mexicana, donde se hicieron muestreos en 118 Municipios y dentro de ellos en 182 localidades. Se colectaron principalmente frutos de aguacate y en algunos casos material vegetativo. El material colectado fue principalmente de cultivares nativos, conocidos como criollos, y en menor proporción materiales derivados de cultivares mejorados y silvestres.

Para la planeación y ejecución de las actividades de colectas se siguieron las recomendaciones del International Plant Genetic Resources Institute (Painting, 1996; 1996a)

Para los sitios o áreas de colecta se registraron las altitudes y adicionalmente se registraron variables como latitud, tipo climático clase de suelo (Clasificación FAO), temperaturas y precipitación pluvial medias anuales, con el apoyo de la cartografía del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), y la publicación "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen" (García, 1998). Un ejemplo de registro se muestra en el Cuadro 1.

El material colectado se caracterizó de acuerdo a la "Guía para la evaluación de la distinción, homogeneidad y estabilidad: Aguacate (*Persea americana* Mill)" de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). En los Cuadros 2 a 4 se ejemplifican las variables registradas en la caracterización de desarrollo vegetativo, fruto maduro, pedicelo, fruto madurado y semilla. Adicionalmente se registró información sobre la fuente de recolección, tipo y estado de la muestra (IPGRI, 1995).

Cuadro 1. Ejemplo de la descripción del sitio / área de colecta.

Num. 52	Clave del sitio / área de colecta 21ATX1
Entidad federativa: Puebla	Municipio: Atlixco
Localidad(es): Atlixco	
Clima predominante: Templado subhúmedo (C (w ₁) (w) i g w")	
Suelos predominantes: Feozem háplico + Andosol ócrico + Regosol éútrico (Hh + To + Re / 1)	
Latitud: 18° 55'	
Longitud: 98° 27'	
	Isotermas (°C) 17.9
	Isoyetas (mm) 876.6
	Altitud (m) 1840

El fruto maduro se define como el fruto fisiológicamente maduro listo para su cosecha. El fruto madurado se define como el fruto listo para ser consumido.

Tomando como base esa caracterización, se efectuó una primera aproximación a la clasificación taxonómica de los materiales colectados, basándose en las características de fruto sugeridas por Bergh (1992).

En función de los resultados de la caracterización morfológica de los materiales colectados, se han identificado las regiones del país que albergan una mayor diversidad genética de aguacate y especies afines, derivada ya sea de la variabilidad dentro de una misma raza hortícola, de la presencia de mas de una raza compartiendo el mismo hábitat, ó bien por la presencia de híbridos naturales entre razas.

Cuadro 2. Ejemplo de caracterización de muestras vegetativas

Caracterización de desarrollo vegetativo

Número: 93		Pedigree: 15XTR-04
Hoja: porte (durante el crecimiento activo)		erecto
Lámina de la hoja: pliegues		plano ó lig. cóncavo
Lámina de la hoja: tamaño		mediano
Lámina de la hoja: forma		elíptica
Lámina de la hoja: forma de la punta		acuminada
Lámina de la hoja: torcido de la punta		ausente
Lámina de la hoja: Ondulación del margen		ausente ó muy débil
Lámina de la hoja: conspicuidad de venación (haz)		conspicuo
Lámina de la hoja: relieve de venación (haz)		deprimido
Lámina de la hoja: densidad de la pubescencia		escasa
Lámina de la hoja: aroma de anís		fuerte
Pecíolo: acanaladura		incompleta

Cuadro 3. Ejemplo de caracterización de fruto maduro y pedicelo.

Número: 49 Pedigree: 16UPN-23

Caracterización de fruto madurado

Tamaño	Pequeño ⁽¹⁾
Forma de la parte basal del fruto	redondeado
Relación longitud / diámetro mayor	1.234
Cavidad del pedicelo	presente
Relación longitud del cuello / ancho	1.6
Forma de la región estilar	redondeado
Restos de la superficie estigmática	prominente
Tamaño de las lenticelas	grande
Color de las lenticelas	rojizo
Conspicuidad de las lenticelas	conspicuo
Distribución de las lenticelas	separadas
Lustre	débil
Relieve de la superficie	lisa
Persistencia del perianto	débil
Ancho de la cavidad del pedicelo	estrecha
Posición del pedicelo	a lo largo de la axila

Caracterización de pedicelo:

Longitud	medio
Conspicuidad de la unión al pedúnculo	conspicuo
Diámetro comparado con el pedúnculo	mas grande
Forma	cilíndrica
En forma de "cabeza de clavo"	ausente
Color	verde
Superficie	rugosa

Las semillas de los frutos tanto de *P. americana* como de *P. schiedeana* se germinaron en bolsas de plástico en condiciones de vivero, y el material vegetativo de *P. americana* se injertó sobre portainjertos de aguacate de la raza mexicana. Cuando las plantas de vivero alcanzaron un estado de desarrollo adecuado, se transfirieron a huertos que fungen como colecciones de campo, uno de ellos en Uruapan Michoacán que albergará

los materiales provenientes de climas templados y subtropicales, y otro huerto en Apatzingán Michoacán, en donde se ubicará el material originario de climas cálidos.

Cuadro 4. Ejemplo de caracterización de fruto madurado y semilla.

Número: 452	Pedigree: 18XAL-05
Caracterización de fruto madurado	
Color de la cáscara	verde oscuro
Espesor de la cáscara	muy gruesa
Textura de la cáscara	corchosa
Adherencia de la cáscara a la pulpa	media
Color principal de la pulpa	crema
Color de la pulpa cercana a la cáscara	verde pálido
Ancho de la capa coloreada Cercana a la cáscara	media
Conspicuidad de fibras en la pulpa	inconspicuo
Textura de la pulpa	suave
Firmeza de la pulpa	media
Aroma de anís de la pulpa	ausente
Amargor de la pulpa	ausente
Ubicación de la semilla en la cavidad	apretada
Caracterización de semilla	
Tamaño comparado con el fruto	pequeño
Forma de la sección longitudinal	base achatada, ápice redondeado
Forma de la sección transversal	circular
Poliembrionía	ausente
Adherencia de la cubierta	al embrión
Superficie del cotiledón	ligeramente rugosa
Dimensiones en fruto y semilla:	
Longitud de fruto (cm)	11.5
Diámetro de fruto (cm)	8.0
Relación longitud / diámetro:	1.444
Peso de fruto (g)	316.7
Peso de semilla (g)	46.5
Relación peso semilla / peso de fruto:	14.70%

Al momento de las colectas, siempre que fue posible, se entrevistó a las personas que proporcionaron el material genético para conocer su opinión sobre la conservación y aprovechamiento de recursos genéticos de aguacate, y en general la importancia de estos para su vida cultural y la economía familiar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el período de tiempo mencionado en el capítulo anterior, se han efectuado 624 colectas de aguacate y especies afines. Las 182 localidades muestreadas en 24 Estados (Figura 1), se han agrupado en 129 sitios ó áreas de colecta en los cuales se registró la información de ubicación geográfica, las variables de tipo climático, clases de suelo, temperatura y precipitación media anual, altitud sobre el nivel del mar, latitud, y longitud.

La información referente a la fuente de recolección, tipo de muestra y estado de la muestra, se presenta en el concentrado del cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación del material colectado por Fuente de recolección y tipo y estado de la muestra.

Fuente de recolección	Número de colectas	Porcentaje
Hábitat silvestre	27	4.33
Huerto comercial	11	1.76
Huerto de traspatio	409	65.54
Instituto de investigación	1	0.16
Mercado	176	28.21
Tipo de muestra		
Semilla (Frutos con)	606	97.12
Vegetativa	18	2.88
Estado de la muestra		
Cultivar mejorado	14	2.24
Cultivar nativo	578	92.63
Mutante de cv. mejorado	1	0.16
Segregante de cv. mejorado	5	0.80
Silvestre	26	4.17

Se puede apreciar en el Cuadro 5 que respecto a la fuente de recolección, predomina el huerto de traspatio, donde se estima que los habitantes de la región conservan los fenotipos que ellos consideran más valiosos por características tales como adaptación, sabor, ó valor económico. También en los mercados (segunda fuente en importancia), se comercializan los frutos con características que pueden ser atractivas para el consumidor, como su apariencia y tamaño

Con relación al tipo de muestra, las vegetativas se realizaron solamente cuando los árboles no eran portadores de frutos, de ahí su baja proporción respecto a la colecta de frutos (semillas).

En referencia al estado de la muestra, predominan marcadamente los cultivares nativos, los que tienen ya un avance en selección por parte de quienes los conservan. Los segregantes de cultivares mejorados son provenientes de ejemplares francos cuya semilla fue obtenida de frutos de cultivares tales como 'Fuerte', 'Hass' y 'Booth' entre otros. Y finalmente el mutante es del cv. Hass, con características de mayor tamaño de fruto y época de cosecha más temprana que éste.

Resultados relevantes de la caracterización de frutos y semillas

Una de las características importantes de los frutos es su peso. En la caracterización de esta variable, se encontraron frutos tan pequeños como de 23.9 gramos (g) y tan grandes como de 876 g. Al separar por raza hortícola, se confirma que los frutos

pertencientes a la raza Mexicana son mas pequeños, los de raza Guatemalteca son intermedios, y los mas grandes pertenecen a la raza Antillana (Cuadro 6).

Cuadro 6. Peso de fruto de aguacate (gramos) en las diferentes razas colectadas.

	Mexicana		Guatemalteca		Antillana	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Amplitud	23.9	285.4	70.9	613.1	99.0	876.0
Promedio	98.8		309.8		312.5	

En el caso de *P. schiedeana* se encontraron frutos desde 116 hasta 522 gramos, con un promedio de 279.

Dos de las variables mas importantes para discriminar entre razas, son sin duda el espesor y la textura de la cáscara ó cáscara del fruto. En el Cuadro 7 se presenta la predominancia de ciertas combinaciones de esas variables que son específicas para cada raza, y la proporción en que ocurren.

En el caso de *P. schiedeana* que no aparece en el cuadro, las características de cáscara muy gruesa y textura correosa ó corchosa representan el 97 % del total de frutos caracterizados

Se puede apreciar en el Cuadro 7 que dentro de cada raza, la variable textura de la cáscara es más estable (constante), mientras que espesor de la cáscara presenta variación

Aunque la coloración de la cáscara de la pulpa del fruto no es importante para discriminar entre razas, y presenta amplia variación dentro de razas, se encontraron ciertas tendencias que vale la pena mencionar. En la raza mexicana predominan, en orden de importancia, las coloraciones crema y verde pálido, en la raza Guatemalteca crema y amarillo; y en la Antillana amarillo y crema.

Cuadro 7. Características de espesor y textura de cáscara del fruto de aguacate en las diferentes razas.

	Variables	características	Proporción en que se presentan
Mexicana	Espesor de la cáscara	delgada ó muy delgada	97.6 %
	Textura de la cáscara	membranosa	
Guatemalteca	Espesor de la cáscara	media, gruesa o muy gruesa	86.8 %
	Textura de la cáscara	corchosa	
Antillana	Espesor de la cáscara	delgada, media o gruesa	96.3 %
	Textura de la cáscara	correosa	

En lo que se refiere a caracterización de la semilla, se encontró que la forma en sección longitudinal es similar entre las razas Guatemalteca y Antillana, ya que las formas de base achatada con ápice cónico o redondeado se presentaron en 88.3 y 83.6 % de los casos respectivamente. Para la raza Mexicana, las formas ovada y elíptica representan el 71 %. En *P. schiedeana*, la forma elíptica representa casi el 88 % del total de semillas caracterizadas y el resto se reparte por igual entre las formas ovada y base achatada con ápice cónico.

Herramientas para la caracterización

El autor considera que la caracterización propuesta por IPGRI es más completa que la de UPOV; sin embargo, aquella requiere de un equipo interdisciplinario de investigadores con el cual no se contaba durante la realización de las colectas.

Clasificación taxonómica

Con base en los resultados de la caracterización de material vegetativo, frutos y semilla, se pudo llegar a la clasificación taxonómica de las colectas, que a la fecha guarda el estado que se muestra en el Cuadro 8.

Como era de esperarse, predominan las colectas de la raza Mexicana, debido a que nuestro país es considerado el centro de origen de la misma, además de que muy probablemente comparte el centro de origen de la raza guatemalteca con Guatemala. Se puede considerar que los trópicos húmedo y subhúmedo de México, son áreas de dispersión de las razas Guatemalteca y antillana.

Cabe hacer la aclaración que dentro de *P. americana* var. *guatemalensis* se incluyen dos colectas que coinciden con la descripción del llamado “Aguacate de mico”, el cual Zentmyer y Schieber (1989) han propuesto se clasifique como *Persea tolimanensis*.

Se menciona que existe predominancia de las variedades botánicas o razas de *P. americana*, porque ahí se incluyen las colectas que presentan mezcla de características de dos razas, y predomina la de una de ellas. El Cuadro 9 presenta la separación de las observaciones mencionadas.

Cuadro 8. Clasificación taxonómica del material colectado.

Especies y variedades botánicas (Predominancia)	Número de colectas	Proporción %
<i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i>	378	60.6
<i>Persea americana</i> var. <i>guatemalensis</i>	118	18.9
<i>Persea americana</i> var. <i>americana</i>	92	14.7
<i>Persea schiedeana</i>	33	5.3
Pendientes de clasificar	3	0.5

En lo que se refiere a la ubicación de las razas ó variedades botánicas en función de los ambientes, se puede apreciar en el Cuadro 10 los intervalos de adaptación de las razas en las variables indicadas. En ese cuadro se denominan como aguacates nativos si son

originarios de sitios considerados dentro del centro de origen ó de áreas de dispersión. Pero si provienen de ambientes que no forman parte de ninguna de esas áreas y son mas bien genotipos que fueron introducidos en el pasado relativamente reciente se les denomina introducidos.

Cuadro 9. Sub-clasificación de las colectas de *P. americana* por mezclas de características.

Especies y variedades botánicas	Colectas	
<i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i> aparentemente sin mezcla	365	
Con características adicionales de la var. <i>guatemalensis</i>	6	378
Con características adicionales de la var. <i>americana</i>	7	
<i>Persea americana</i> var. <i>guatemalensis</i> aparentemente sin mezcla	78	
Con características adicionales de la var. <i>drymifolia</i>	6	
Con características adicionales de la var. <i>americana</i>	32	118
Posiblemente <i>Persea tolimanensis</i>	2	
<i>Persea americana</i> var. <i>americana</i> aparentemente sin mezcla	55	
Con características adicionales de la var. <i>drymifolia</i>	8	92
Con características adicionales de la var. <i>guatemalensis</i>	29	

La raza mexicana en las áreas donde es nativa, es la que prospera a mayores altitudes y temperaturas más frescas (ambientes templados y subtropicales), y aparentemente requiere menor precipitación pluvial. En las áreas de dispersión de la raza Guatemalteca –en ambientes tropicales y subtropicales - predominan las alturas intermedias, precipitación pluvial de media a alta, y temperaturas cálidas y muy cálidas. La raza Antillana, en sus áreas de dispersión es la que se encuentra a menores altitudes, de nivel de mar a menos de 1000 metros, con alta precipitación pluvial, y temperaturas muy cálidas, en ambientes francamente de trópico húmedo.

En las áreas donde las razas no son nativas, las bajas precipitaciones pluviales se compensan con aplicación de agua de riego. Se aprecian modificaciones respecto a las variables de altitud y temperatura; y esto es debido a las mezclas entre razas cuya constitución genética les confiere rangos más amplios de adaptación y adicionalmente, por efectos de incremento en latitud.

Respecto a *Persea schiedeana* que no aparece en el Cuadro 8, se pudo constatar que esta especie prospera de manera silvestre ó espontánea en áreas cálidas muy húmedas, y altitudes similares a las de la raza Antillana.

En la Figura 2 se ilustran las áreas de mayor diversidad genética que se puede manifestar como: la presencia de una amplia variación dentro de una raza hortícola de aguacate; como presencia de mas de una raza en el mismo sitio / área de colecta; como la presencia de híbridos naturales entre razas.

De manera preliminar, se puede asegurar que el Eje neovolcánico constituido por los Estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos y Puebla, es el área

de mayor diversidad dentro de la raza Mexicana y muy probablemente el centro de origen de la misma.

Cuadro 10. Relación entre las razas hortícolas y los ambientes

Raza hortícola		Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Altitud (msnm)
Mexicana: (<i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>)	Nativos	13.5 – 20.5	650 – 2200	950 – 2250
	Introducidos	(20.5 – 25.5)	(300 – 2250)	(50 – 2350)
Guatemalteca: (<i>P. americana</i> var. <i>guatemalensis</i>)	Nativos	21.0 – 28.0	800 – 3400	20 – 1200
	Introducidos	(18.0 – 28.5)	(250 – 700)	(1850 – 1950)
Antillana: (<i>P. americana</i> var. <i>americana</i>)	Nativos	24.0 – 27.0	1100 – 3350	50 – 800
	Introducidos	(19.0 – 20.0)	(600 – 700)	(1350 – 1450)

En el área de las Huastecas y en el estado de Chiapas se presentan las tres razas con amplia variación, incluyendo la presencia de híbridos entre razas. Algo similar aunque no tan marcado, ocurre en el Estado de Oaxaca, en la zona Mixteco-zapoteca y en las áreas de dispersión de la costa del Pacífico.

La llanura costera del Golfo que comprende el área Lacandona, los Estados de Tabasco, Veracruz, y parte Sur del Estado de Tamaulipas parece ser una área natural de dispersión del “chinini” (*P. schiedeana*), pues se presenta una muy amplia variación genética que debería ser estudiada a detalle. En ésta área, también están ampliamente representadas las razas Antillana y Guatemalteca.

En la Península de Yucatán, en el área Maya, donde se han encontrado los frutos de aguacate de mayor tamaño, predominan las razas Antillana y Guatemalteca así como las mezclas entre ellas.

De las entrevistas con quienes conservan y/o aprovechan los recursos genéticos de aguacate y especies afines, se desprende que éstos son muy apreciados por las culturas locales. El aprovechamiento de frutos de árboles silvestres y de traspatio, tanto de aguacate como de “chinini” con propósitos de comercializarlos en mercados locales y regionales, significan un importante aporte a la economía familiar. Se ha podido apreciar una estrecha relación entre las áreas geográficas de mayor diversidad genética, y las áreas donde desde la época precolombina, han estado asentadas las más importantes etnias indígenas de México.

CONCLUSIONES

México es poseedor de una inestimable riqueza en recursos genéticos de aguacate, los cuales están esperando ser caracterizados y aprovechados de manera sustentable.

Los resultados presentados son producto mas bien de un muestreo en el ámbito nacional, que de un estudio extensivo de esos recursos. Sin embargo, claramente nos dejan vislumbrar la amplia diversidad genética existente.

Se confirma que las etnias locales son las responsables de la conservación de los recursos genéticos de aguacate entre otras muchas especies desde tiempos inmemoriales, y que el aguacate está íntimamente ligado a su cultura.

La carencia de un marco legal, la presión económica sobre quienes aún conservan esos recursos genéticos, y la ausencia de acciones de sostenibilidad para la protección de nuestros bosques y selvas, están afectando seriamente los hábitats donde el género *Persea* aún persiste en estado silvestre, poniendo en riesgo su supervivencia

Se ha conformado un banco de germoplasma que representa una amplia base genética, que será la base de posteriores programas para el mejoramiento de las especies del género *Persea*.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), por su apoyo económico en la realización de este proyecto.

A los milenarios grupos étnicos asentados en México, por su perseverancia y el éxito obtenido en la conservación de los recursos fitogenéticos nativos de nuestro país, a pesar de la carencia de un marco legal que los apoye.

LITERATURA CITADA

- BARRIENTOS PRIEGO, A. F. *et al.* 1992. Study of the avocado germplasm resources, 1988-1990. IV.- Findings in the Mexican Gulf region. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp. 551-558.
- BEN YA'ACOV, A., *et al.* 1992. A study of avocado germplasm resources, 1988-1990. I.- General description of the international project and its findings. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp.535-541.
- BEN YA'ACOV, A., *et al.* 1992.a. A study of avocado germplasm resources, 1988-1990. II.- Findings from the central part of México. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp 543-544.
- BERGH, B. O. 1975. Avocados, pp. 541-567. *In: Advances in Fruit Breeding* J. Janick and J. N. Moore (eds.). Purdue University Press, West Lafayette, IN. U.S.A.
- BERGH, B. O. 1976. Avocado breeding and selection, pp 24-33. *In: Proc. Fst. Intl. Tropical Fruit Short Course : The Avocado.* Souls, J. W. *et al.* (Eds.) Univ. of Florida, Gainesville. U.S.A. pp 24-33.
- BERGH, B.; N. ELLSTRAND. 1986. Taxonomy of the avocado. Calif. Avocado Soc. Yearbook 70 : 135-145
- BERGH, B. O. 1992. The origin, nature, and genetic improvement of the avocado. Calif. Avocado Soc. Yearbook. 76 : 61-75.
- BOWMAN, K. D.; SCORA, R. W.. 1992. The necessity of avocado germplasm resources. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp. 531-534.
- ELLSTRAND, N.C.; LEE, J.M.; BERGH, B.O.; COFFEY, M.D.; ZENTMYER, G.A. 1986. Isozymes confirm hybrid parentage for 'G755' selections. Calif. Avocado Soc. Yearbook 70: 199-203.

- GAMA, C. L.; A. GÓMEZ P. 1992. An Ethnoecological Approach for the Study of *Persea* : A Case Study in the Maya Area. Proc. of Second World Avocado Congress 1992., pp 11-17.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. D.F., México. 220 p.
- HAWKES, J. G. 1991. Centros de diversidad genética vegetal en Latinoamérica. *Diversity* 7(1 & 2) : 7-9.
- IPGRI. 1995. Descriptores para Aguacate (*Persea* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.
- KOPP, L. E. 1966. A taxonomic review of the genus *Persea* in the Western hemisphere (*Persea-Lauraceae*). *Mem. N.Y. Bot. Gard.* 14: 1-120.
- PAINTING, K. 1996. Introduction to Collecting. Unit 8.1.1. of Training support Materials developed by IPGRI, 25 pp. Rome, Italy.
- PAINTING, K. 1996a. Planning Collection Missions. Unit 8.2.1. of Training support Materials developed by IPGRI, 30 pp. Rome, Italy.
- SCHIEBER, E.; ZENTMYER, G. A. 1992. Archeology of the Avocado in Latin America. Proc. of Second World Avocado Congress 1992, pp. 49.
- SCHROEDER, C. A. 1990. Useful fruits of avocado relatives. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* 74: 243-245.
- SCORA, R. W.; B. O. BERGH. 1992. Origin of and Taxonomic Relationships within the Genus *Persea*. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp 505-514.
- STOREY, W.B.; B.O. BERGH; R.G. PLATT; M. MILLER. 1984. Observations on a second generation progeny of a Mexican X West Indian cross. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* 68:161-165.
- STOREY, W. B.; B. BERGH; G. A. ZENTMYER. 1986. The Origin, indigenous range and dissemination of the avocado. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* Vol. 70 : 127-143.
- ZENTMYER, G. A.; E. SCHIEBER. 1989. Aguacate de Mico. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* 73:167-172.
- ZENTMYER, G. A. 1991. The genus *Persea*. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* Vol. 75: 119-123.
- ZENTMYER, G. A.; E. SCHIEBER. 1992. *Persea* and *Phytophthora* in Latin America. Proc. of Second World Avocado Congress 1992, pp 61-66.
- ZENTMYER, G. A. 1992. Research Gazette. *The Avocado Quarterly*, No. 21, January 1992, pp 3.
- ZENTMYER, G. A. 1992a. Research Gazette. *The Avocado Quarterly*, No. 22, April 1992, pp 3.
- ZENTMYER, G. A. 1995. Research Gazette. *The Avocado Quarterly*, No. 33, January 1995, pp 3, 8-9

Figura 1. Estados y áreas de colecta de aguacate y especies afines..

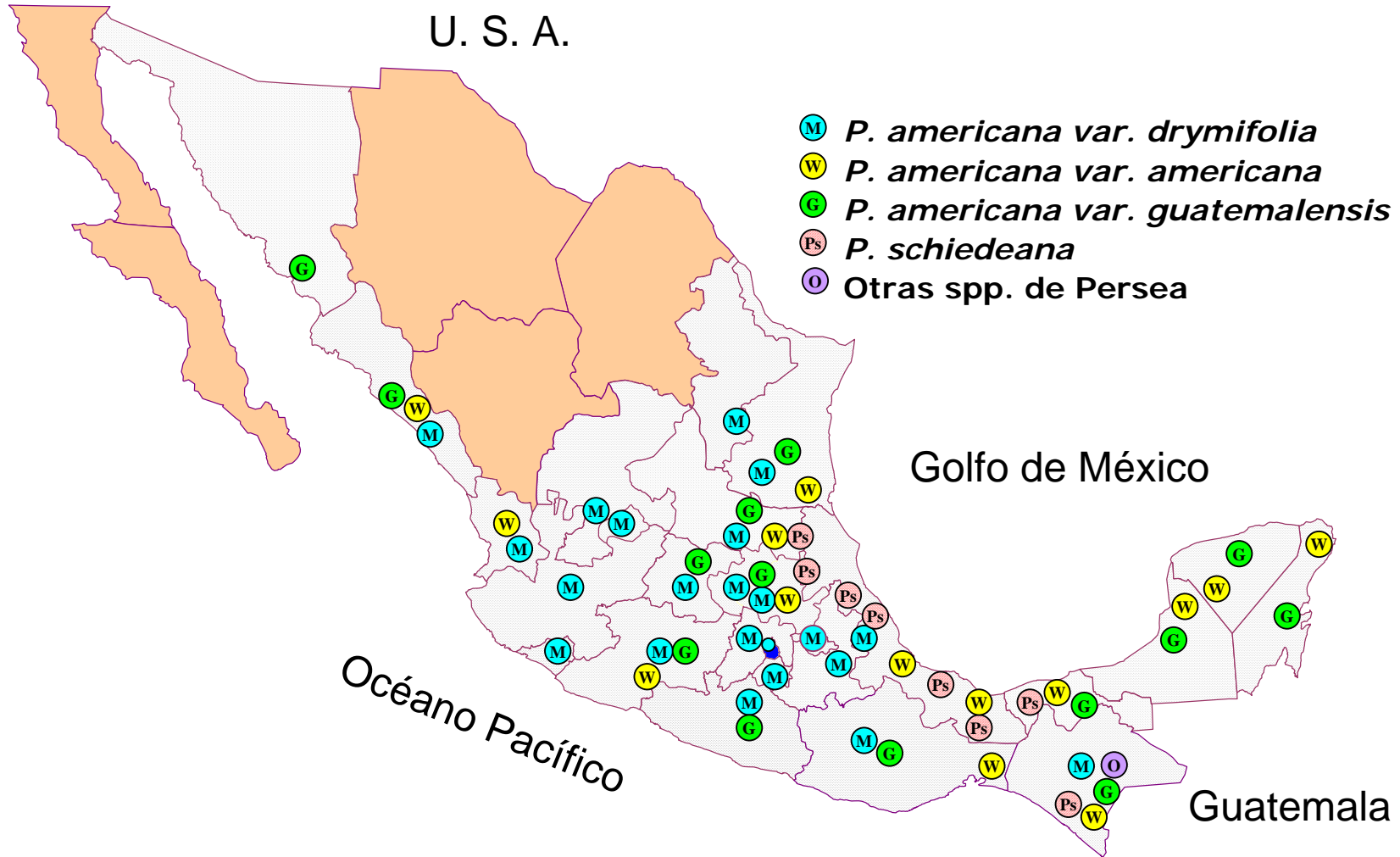


Figura 2. Areas de diversidad genética de *Persea* spp.

