

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE
ESTRUCTURAS VEGETATIVAS Y REPRODUCTIVAS
DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

JUAN LÓPEZ SANTIAGO

CHAPINGO, MÉXICO, ENERO DEL 2005.



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



Instituto de Horticultura

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ESTRUCTURAS VEGETATIVAS Y
REPRODUCTIVAS DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)**

Tesis realizada por Juan López Santiago, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: _____

Dr. Raúl Nieto Ángel.

ASESOR: _____

Dr. Alejandro F. Barrientos Priego.

ASESOR: _____

Dr. Juan E. Rodríguez Pérez.

ASESOR: _____

Dra. Ma. Teresa Colinas León.

ASESOR: _____

Dr. Fernando González Andrés.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por haberme abierto las puertas y darme una beca durante dos años para continuar la preparación académica y todos los apoyos otorgados para mi investigación.

Al Consejo Nacional de la Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para culminar mi estudios y la investigación doctoral.

Al Dr. Raúl Nieto Ángel por su valiosa dirección, amistad y todas las facilidades otorgadas para poder culminar el presente trabajo.

Al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego, por la amistad y el apoyo en las revisiones de los artículos, consejos y observaciones para la conclusión de la presente investigación.

A la Dra. Ma. Teresa B. Colinas León, por sus acertadas correcciones en los artículos y sugerencias en la presente investigación.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez por su determinante apoyo en el análisis estadístico de los datos, en las revisiones y sugerencias de los artículos de la presente investigación.

Al Dr. Clemente Villanueva Verduzco, Coordinador del Posgrado en Horticultura, por las facilidades otorgadas para la obtención del grado.

A los profesores del Posgrado en Horticultura, por haber compartido conmigo sus conocimientos

DEDICATORIA

A mi madre, Macedonia Santiago Hernández con cariño y gratitud, porque siempre me ha brindado su apoyo y sabios consejos para no desistir en el camino abrupto que se recorre en la vida y porque ha sabido inculcarme los valores humanos.

A mis hermanas Paula Modesta, Estela y Silvia para ellas con cariño.

A todos mis amigos con quienes pase los momentos de alegría y de trabajo, gracias.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis, Juan López Santiago nació en San Juan Mixtepec, Juxtlahuaca Oaxaca, el día 21 de septiembre de 1972. En Santiago Juxtlahuaca realizó sus estudios de primaria y secundaria, en 1987 se traslado a Chapingo, México, en donde estudio la preparatoria agrícola y la carrera la inicio en 1990, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia por la Universidad Autónoma Chapingo en 1994. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Protección Vegetal por la misma Universidad en noviembre de 1999.

Durante su desarrollo personal y profesional recibió cursos de evaluación de proyectos, desarrollo de habilidades directivas. Durante su ejercicio profesional ha trabajado en las empresas Nagata Bross y Scleping Indian, como auxiliar de producción en los Estados Unidos. En México trabajo en la Delegación de Gobierno en Juxtlahuaca, Oaxaca, desarrollando proyectos productivos, en el mismo lugar para el Instituto Nacional de Capacitación Agrícola Rural como asesor técnico. Ha impartido cursos de producción intensiva de jitomate a grupos de productores en los municipios de Zacatlán y Aquixtla Puebla a través del Instituto Poblano de Desarrollo A. C. Además impartió curso de Agricultura Orgánica a técnicos del Distrito de Desarrollo Rural de la SAGARPA en Texcoco, Edo de México.

Desde su egreso ha sido asesor de seis tesis de licenciatura, una tesis de maestría y fue director de una tesis de licenciatura.

CONTENIDO

	Página
Índice de cuadros.....	ii
Índice de figuras.....	iii
RESUMEN GENERAL.....	iv
GENERAL SUMMARY.....	v
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Objetivos.....	7
Hipótesis.....	7
Literatura citada.....	8
II. SELECCIÓN DE VARIABLES MORFOLÓGICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE TEJOCOTE (<i>Crataegus</i> spp.).....	11
Resumen.....	12
Abstract.....	12
Introducción.....	13
Materiales y métodos.....	15
Resultados y discusión.....	21
Conclusiones.....	31
Literatura citada.....	32
III. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE HOJAS Y FLORES DE TEJOCOTE (<i>Crataegus</i> spp.).....	36
Resumen.....	37
Abstract.....	37
Introducción.....	38
Materiales y métodos.....	40
Resultados y discusión.....	46
Conclusiones.....	55
Literatura citada.....	56
IV CONCLUSIONES GENERALES.....	58

ÍNDICE DE CUADROS

SELECCIÓN DE VARIABLES MORFOLÓGICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE TEJOCOTE (<i>Crataegus</i> spp.)		Página
Cuadro 1	Accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) y sus orígenes, del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, utilizadas para la selección de variables.	17
Cuadro 2	Variables evaluadas para la caracterización hojas, flores y de fructificación de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.	20
Cuadro 3	Análisis de varianza para 76 variables en 98 accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.	24
Cuadro 4	Coeficientes de Correlación de Pearson entre pares de variables evaluadas en accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.	26
Cuadro 5	Eigen valores y porcentaje de variabilidad que aportan los componentes principales de variables de hojas, flores y de fructificación de 98 accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.).	27
Cuadro 6	Vectores propios y correlaciones de variables originales en el análisis de componentes principales en la caracterización de 98 accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.).	29

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE HOJAS Y FLORES DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

Cuadro 1	Accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) y sus orígenes, del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.	44
Cuadro 2	Variables evaluadas para la caracterización de hojas y flores de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.	45
Cuadro 3	Valores propios de funciones canónicas de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo de acuerdo a su lugar de procedencia.	46
Cuadro 4	Estructura canónica total de las funciones canónicas de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo de acuerdo a su lugar de procedencia.	47
Cuadro 5	Análisis de resubstitución y probabilidad de las accesiones de tejocote de estar mal agrupadas de acuerdo a su lugar de procedencia.	49
Cuadro 6	Distancias de Mahalanobis de los tres lugares procedencia de tejocote para las variables de hojas y flores de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.	49
Cuadro 7	Agrupamientos obtenidos de accesiones de tejocote con variables seleccionadas de hojas y flores.	51

	Página
Cuadro 8	51
Cuadro 9	52
Cuadro 10	54
Cuadro 11	54

INDICE DE FIGURAS

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE HOJAS Y FLORES DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

Figura 1.	Representación de accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) de acuerdo a su lugar de procedencia, en el primer plano factorial de las dos primeras funciones canónicas.	48
Figura 2.	Dendrograma jerárquico de 93 accesiones de tejocote por variables seleccionadas de hojas, flores y de fructificación, mostrando la altura de corte (R^2) que indica la formación de cuatro grupos.	50
Figura 3.	Pseudoesdística t^2 de Hotelling, como prueba de corte del dendrograma de accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) con variables seleccionadas de hojas y flores.	50
Figura 4.	Representación de accesiones de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) de acuerdo a las agrupaciones obtenidas del análisis de agrupamiento, en el primer plano factorial de las dos primeras funciones canónicas.	53

RESUMEN GENERAL

La caracterización morfológica se basa en el estudio de numerosos caracteres que en forma simultánea permiten la definición de grupos de individuos. Bajo este contexto, el definir un número mínimo de caracteres que permitan la discriminación adecuada de grupos de interés, es una tarea que requiere realizarse en diferentes especies. Tal es el caso del tejocote (*Crataegus* spp.), recurso fitogenético de importancia en México, que requiere la elaboración de una guía técnica para la descripción de cultivares. Por tal motivo, en 98 accesiones de tejocote del banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, México, fueron registrados 76 caracteres morfológicos de hojas de brotes reproductivos y vegetativos, de flores y variables de fructificación. Con base en los análisis de varianza, coeficientes de variación, correlación de Pearson, selección por pasos y análisis de componentes principales, se determinó que con 31 caracteres fue posible un análisis confiable de la variabilidad de la población estudiada, que permitió la discriminación. Estos caracteres correspondieron a 21 de hojas y 10 de flores para realizar caracterización. Se aplicaron análisis multivariados de agrupamiento y discriminante canónico. Se obtuvieron cuatro grupos; los dos primeros con mayoría de accesiones de Chiapas, el grupo tres con accesiones de Puebla y el Estado de México, en partes prácticamente iguales; y el grupo cuatro con accesiones de los tres orígenes, aunque mayormente de Puebla. Las variables más importantes para caracterizar estos grupos de tejocote fueron: longitud del eje mayor para los tres tipos de hojas, y perímetro para hojas de brotes reproductivos y hojas de brotes vegetativos largos, el receptáculo floral (perímetro, longitud del pedicelo y longitud del receptáculo floral), pétalos (perímetro), longitud del estilo de la flor, ángulo basal de hojas de brotes reproductivos y vegetativos largos y apical de este último.

GENERAL SUMMARY

The morphological characterization is based on the study of numerous characters that you/they allow the definition of individuals' groups in simultaneous form. Under this context, defining a minimum number of characters that you/they allow the appropriate discrimination of groups of interest, is a task that requires to be carried out in different species. Such it is the case of the Mexican hawthorn (*Crataegus* spp.), plant genetic resource of importance in Mexico that requires the elaboration of a technical guide for the cultivares description. For such a reason, in 98 accesions of Mexican hawthorn of the bank of Germoplasma of the Universidad Autonoma Chapingo, Mexico, they were registered 76 morphological characters of leaves of reproductive and vegetative shoots, flowers and fructification variables. With base in the variance analyses, variation coefficients, correlation of Pearson, stepwise procedures and principal components analysis, was determined that with 31 characters it was possible a reliable analysis of the studied population's variability that allowed the discrimination. These characters corresponded at 21 of leaves and 10 of flowers to carry out characterization. Analysis cluster and canonical discriminant analysis were applied. Four groups were obtained; both first with majority of agreements of Chiapas, the group three with accesions of Puebla and the State of Mexico, in practically same parts; and the group four with accesions of the three origins, although mostly of Puebla. The most important variables to characterize these Mexican hawthorns groups were: longitude of the biggest axis for the three types of leaves, and perimeter for leaves of reproductive shoots and leaves of long vegetative shoots, the floral holder (perimeter, longitude of the pedicel and longitude of the floral holder), petals (perimeter), longitude of style of the flower, basal angle of leaves of long reproductive and vegetative shoots and apical of this last one.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ESTRUCTURAS VEGETATIVAS Y REPRODUCTIVAS DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ESTRUCTURAS VEGETATIVAS Y REPRODUCTIVAS DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

Teniendo en cuenta la creciente presión poblacional, se esperaría un incremento en el número de especies vegetales para el sustento, la alimentación y la satisfacción de otras necesidades. En realidad sucede lo contrario, tanto la diversidad como el número de especies utilizadas esta disminuyendo (Janick, 2001). La razón principal del porqué muchas especies útiles rara vez atraen el interés de los investigadores es la limitación financiera (Duke, 1990). Los donantes no están en favor de trabajar con especies de un potencial poco probado y comercialmente poco conocido (Morico *et al.*, 1999). Sin embargo, en los últimos años las tendencias y actitudes hacia especies olvidadas y subutilizadas están cambiando. Padulosi *et al.* (1999) mencionaron que se ha incrementando el interés en nuevas especies, reflejando una tendencia creciente dentro de la agricultura para identificar y desarrollar nuevos cultivos para mercados domésticos y para exportación. El reconocimiento de la importancia de las especies subutilizadas también proviene de muchos foros nacionales e internacionales, incluyendo la IV Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos (Anónimo 1996) y el Foro Global de Investigación Agropecuaria (Frison *et al.*, 2000).

Un grupo importante dentro de estas especies promisorias son los frutales. El Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) enfatiza la necesidad de una búsqueda de cultivos frutales alternativos que sean rentables (Anónimo, 2000). Para la gran mayoría de frutales tropicales y nueces presentes en su centro de diversidad, poco o nada ha sido realizado en cuanto a trabajos de colección, conservación y caracterización, siendo concientes de que esta diversidad genética es única (Hewett, 1993). Similar situación prevalece para el tejocote presente en México.

El género *Crataegus*, comprende aproximadamente 150 especies distribuidas en todo el mundo, de las cuales, 55 se encuentran en el Continente Europeo-Asiático y 95 en el Americano. En México se encuentran 13 especies de este género (Phipps, 1997), en condiciones templadas y frías, dentro de altitudes que van de 400 hasta 3,000 m, se ha observado una amplia variabilidad entre ellos, aunque de acuerdo con un estudio sobre caracterización de endocarpios realizado por Nieto-Ángel *et al.* (1997) se tienen dos

grupos, los criollos y cultivados; los primeros se encuentran establecidos de los 14° hasta 32° de Latitud Norte y el segundo grupo entre los 19° y 20° de Latitud Norte (Nieto-Ángel y Borys, 1991).

De acuerdo con Phipps (1997) las especies presentes en México se ubican en el norte del país, distribuidas en cuatro secciones: *Pavifoliae* Loud (1. *C. uniflora* Muench), *Mexicanae* Loud (2. *C. mexicana* Moc. & Sessé), *Crus-galli* Loud (3. *C. gracilior* J. B. Phipps; 4. *C. rosei* Eggl. ésta especie presenta 2 subespecies, *rosei* y *parryana*, en donde la primera presenta las variedades *rosei*, *mahindae* y *amoena*) y finalmente la sección *Coccineae* Loud., que consta de cinco series y que agrupa nueve especies de *Crataegus*: serie *Madrenses* (5. *C. tracyi* Ashe ex Eggl., presentando tres variedades *tracyi*, *coahuilensis* y *madrensis*; 6. *C. aurescens* J. B. Phipps), Serie *Greggiana* (7. *C. greggiana* Eggl. con dos variedades, *greggiana* y *pepo*; 8. *C. serratissima* J. B. Phipps), Serie *Baroussanae* (9. *C. baroussana* Eggl., la cual expone dos variedades, *baroussana* y *jamensis*; 10. *C. cuprina* J. B. Phipps; 11. *C. johnstonii* J. B. Phipps), Serie *Sulfureae* (12. *C. sulfurea* J. B. Phipps), y serie *Grandifoliae* (13. *C. grandifolia* J. B. Phipps, con dos variedades, *grandifolia* y *potosina*).

Por lo anterior está muy clara la diversidad existente del género *Crataegus* en el norte del país; sin embargo, de los taxa establecidos en el centro y sur de México, solo se señala que pertenecen a un complejo de alrededor de *Crataegus mexicana*, implicando solo a *C. crus-galli*, *C. nelsoni*, y *C. subserrata* (Phipps, 1997; Borys y Vega, 1984) y se considera que es probable que exista un mayor número de especies, dada las condiciones ambientales tan diversas y la variabilidad de tipos de tejocote.

Los diferentes usos que el tejocote tiene son: hortícola, pecuario, industrial y medicinal. Se ha utilizado como portainjerto del peral, membrillero, manzano, níspero, fresno montañoso y más ampliamente del mismo tejocote. Los frutos de esta especie lo consumen los cerdos, chivos, vacas, ovejas, conejos, contiene un alto valor nutritivo, muy similar al maíz; las hojas son muy apetecibles para el consumo del ganado por su alto contenido de taninos, proteínas y fibras. Los frutos de tejocote se utilizan como fuente de pectinas, se ha obtenido hasta 30 kg de este producto por tonelada de fruta fresca; ha servido también como fuente de vitamina C, carbohidratos, proteínas, carotenos y una gran variedad de

compuestos químicos; de los frutos se producen jaleas, ates, almíbar y mermeladas. Del tejocote como medicinal se han usado diversas partes del árbol, las flores, hojas y el fruto, para aliviar la tos y como sedante nervioso, la corteza de la raíz, como diurético para enfermedades del riñón, para combatir la formación de venas varicosas y para el control de peso, colesterol; y el cocimiento de la raíz y de los frutos, para el tratamiento de la diabetes (Borys, 1996).

Su uso ornamental es importante, por su estructura morfológica, presencia de espinas, intensidad de floración y de fructificación, tamaño y diversidad en la coloración de los frutos, y la característica de inducir enanismo como portainjerto, son ideales para utilizarse como planta decorativa, ya sea como arbolitos tipo bonsai, como setos, para camellones, como una especie estética en jardines y parques, entre otros. El valor ecológico radica en la amplia variabilidad adaptativa de la raíz a diferentes suelos, la arquitectura y los componentes de la copa y a los componentes de productividad de los árboles; sus frutos sirven de alimento para pájaros silvestres, proveen de materia orgánica a los suelos y ayudan a la retención de humedad del suelo, entre otros; combustible y madera, por la dureza y la calidad de la madera, es excelente para la obtención de carbón y para la fabricación de muebles (Borys, 1989).

Su valor cultural como fruta radica en que, ésta adquiere mejores precios para el consumo en fresco en la fiesta de “Todo Santos” y en las “Posadas”, previo a la Navidad, se ha utilizado como componente del “ponche” y fruta para las piñatas, aunque también se utilice para la obtención de licor que se consume en los tiempos de mayor frío (Borys, 1996).

En el sistema radical del tejocote predominan las raíces de tipo pivotante, de enraizamiento profundo aunque también hay tipos de crecimiento horizontal (Nieto-Ángel y Borys, 1992). La mayor concentración de raíces se ubica en el estrato de 0 a 40 cm, predominando las raíces finas (menores a 2 mm) (García-Campos, 1982). El tallo es delgado, sin espinas, ramas con pocas espinas o sin ellas (Borys y Vega, 1984). La sección transversal del tallo es de forma regular, redonda u ovoidal, fuertemente irregular, acanalado, presenta crecimiento vertical recto a espiral, la corteza es de coloración verde gris a rojizo (Nieto Ángel y Borys, 1992).

El género *Crataegus* presenta diversidad en las hojas, la cual se manifiesta en el borde, la forma, largo y ancho de la lámina y el tipo de ápice; son alternas, pecioladas y simples, además de serradas, y a menudo también lobuladas. Las hojas maduras son generalmente de más de 5 cm de largo por más de 1.5 cm de ancho; esto puede explicarse por la gran heterogeneidad de las especies, y a su fácil cruzamiento interespecífico que da origen a híbridos o formas intermedias (Gostynska-Jakuszevska, 1975).

El fruto es de forma redonda, aunque puede variar de semiredonda a pentagonal, periforme, elipsoide, oval y aplanada (Phipps, 1983; Borys y Vega, 1984). La epidermis es homogénea, de color amarillo, anaranjado a rojo oscuro o chapeado con tinta roja de variable tonalidad e intensidad, las lenticelas en los frutos de tejocote son pequeñas a grandes y varían también en densidad (Nieta-Ángel y Borys, 1992). El fruto del tejocote contiene un 82.2 % de agua, 10.54 % de carbohidratos, 2.55 % de goma, 2.27 % de celulosa, 1.58 % de proteínas, 0.09 % de grasa, así como importantes cantidades de calcio, fósforo y retinol (Higareda-Ruiz *et al.*, 1995).

La flor se presenta en racimos terminales, cimosa o en forma de corimbo. Su receptáculo es en forma de copa o acampanulado, adherido al ovario, cinco sépalos estereos o dentados, reflejados antes de la antesis. Cinco pétalos, blancos o rosados, expandidos e insertados sobre el margen del disco en el cuello del receptáculo. Estambres de pocos a numerosos (5 a 25), en serie de 1-3, insertados sobre el margen del receptáculo, con los filamentos dilatados a la base y las anteras dorsifijas y acorazonadas, oblongas, subglobosas, blancas, rosas o púrpuras. Ovario ínfero de uno a cinco carpelos hundidos al eje floral, formando un cuerpo algo hundido en el ápice; cinco cavidades, con dos óvulos ascendentes en cada una; cinco estilos, terminados en cabezuelas (Christensen, 1984; Dickinson y Phipps, 1986), floración en primavera (Grisvard, 1989).

La semilla del tejocote está cubierta por un endocarpio leñoso, duro y relativamente grueso que se les conoce comúnmente como huesos. En su parte media longitudinal, dicho tejido presenta una sutura que tiene una perforación conectada con la semilla a través de una prolongación de la testa; la cavidad del endocarpio donde se aloja la semilla está ocupada por un embrión bien desarrollado con un par de cotiledones, carnosos y

convexos (Niembro, 1983). Las semillas del género *Crataegus* presentan una alta variabilidad en morfología, tamaño y grosor del endocarpio (Pelc y Ptak, 1981).

De acuerdo con Borys y Vega (1984), los árboles provenientes del estado de Chiapas tienen troncos con muchas ramas largas y con presencia de espinas; son de hojas pequeñas. En general los frutos de los árboles de Chiapas tienen un color semejante a los frutos de manzano, especialmente de color rojo. No muestran alternancia de fructificación y dan rendimiento alto, los frutales crecen en suelo pesado, algunos en condiciones de inundación prolongada, otros en partes elevadas.

Los árboles seleccionados en el Estado de México producen frutos más grandes que los árboles del Estado de Chiapas, de un color prevaleciente anaranjado o amarillo intenso, de olor típico al tejocote comercial. Los árboles tienen troncos sin espinas, relativamente delgados y estos árboles tienen un uso comercial en huertos familiares o en plantaciones comerciales, sus hojas son grandes, largas y elípticas; a estos árboles se les conoce como de “injerto” (sobre tejocote criollo). Sus ramas no presentan espinas, sólo aquellos genotipos más silvestres que tienen la característica de ser árboles de hojas relativamente pequeñas, que en la mayoría de los casos producen frutos pequeños. Estos árboles dan rendimientos altos, árboles de 6 años de edad dan de 3 a 4 cajas (90 a 120 kg) y de 10 años de edad dan 10 cajas (300 kg por árbol) (Borys y Vega, 1984).

Las características de los genotipos de tejocote provenientes del estado de Puebla es que son frutos de un tamaño y color semejante a los del Estado de México. Los troncos de los árboles no presentan espinas; sus ramas pueden o no presentar espinas. La forma de los árboles llamados de “injerto” o “mejorados”, tienen hojas grandes, largas y elípticas. Dan producciones semejantes a los del Estado de México. Los árboles de “injerto” son injertados en tejocotes criollos de hoja pequeña (Borys y Vega Cuen, 1984).

En el Banco de Germoplasma de tejocote de la Universidad Autónoma Chapingo, se tienen establecidos 112 colectas con 4 a 7 repeticiones (árboles) de cada una, y que fueron obtenidas en los Estados de Chiapas, Puebla y Estado de México, entre 1981 y 1986.

OBJETIVOS

- 1) Seleccionar variables morfológicas discriminantes de hojas, flores y de componentes de fructificación (número de flores, de inflorescencias, porcentajes de amarre) de tejocote (*Crataegus* spp.).
- 2) Caracterizar 98 accesiones de tejocote del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo para contribuir al conocimiento del género.
- 3) Agrupar a las diferentes accesiones de tejocote del Banco de Germoplasma con base en los caracteres seleccionados.

HIPÓTESIS

1. Existen variables morfológicas que no son afectados por el factor ambiental y que pueden ser usados como descriptores para la diferenciación de accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.).
2. Existen variables morfológicas estables que permiten hacer una mejor caracterización, sin embargo la incorporación de un mayor número de variables permite una mejor separación entre grupo de accesiones.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1996. Global plan of action for the conservation and sustainable utilisation of plant genetic resources for food and agriculture and the Leipzig declaration. FAO, Rome, Italy. 63 p.
- ANÓNIMO. 2000. Annual report 1999. International Plant Resources Institute, Rome, Italy. 36 p.
- ANÓNIMO. 2002. Statistical databases of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome, Italy. 110 p.
- BORYS, M. W. 1989. Valor ecológico del tejocote (*Crataegus* spp.). Congreso de Ecología "La Era Ecológica". Puebla, Puebla. pp. 11-124.
- BORYS, M. W. 1996. Valores del tejocote (*Crataegus* spp.): diversificación de caracteres. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 51-84.
- BORYS, M. W.; VEGA CUEN, A. 1984. Selección de tipos de tejocote (*Crataegus pubescens* H. B. K.) en el Estado de Chiapas, Puebla y México. Revista Chapingo 1(9):193-199.
- CHRISTENSEN, K. 1984. The morphological variation of some *Crataegus* populations (Rosaceae) in Greece and Yugoslavia. Nord Journal of Botany 4: 585-595.
- DICKINSON, A.; PHIPPS, J. B. 1986. Studies in *Crataegus* (Rosaceae: Malloideae). XIV The Breeding System of *Crataegus crus-galli* sensu lato in Ontario. American Journal of Botany 73(1):116-130.
- DUKE, J.A. 1990. New crops survey, pp. 54-57. In: Advances in new crops J. JANICK; J. E. SIMON (eds.), Timber Press, Portland, OR. USA.

- FRISON, E.; OMONT, H.; PADULOSI, S. 2000. GFAR and International Cooperation on Commodity Chains. Synthesis paper presented at the GFAR-2000 Conference held in Dresden, Germany on 21-23 May 2000. Alemania.
- JANICK, J. 2001. New Crops for the 21st Century, pp. 13-20 *In: Crop Science Progress and Prospects* J. Nösberger, H.; Geiger, H.; Struik, P.C. (Eds.). CAB *International*.
- GARCÍA-CAMPOS, C. 1982. Estudio de distribución radical en tejocote (*Crategus pubescens* H. B. K.) en dos localidades. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 115 p.
- GOSTYNSKA-JAKUSZEWSKA, M. 1975. The use of numerical methods in the sistematics of hawthorn occurring in Poland. *Arboretum Kornickie* 20: 113-126.
- GRISVARD, G. 1989. La Poda de los Árboles Frutales, Peral y Manzano. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 180.
- HEWETT, E.W. 1993. New horticultural crops in New Zealand. *In: Janick, J.; Simon, J. E. (eds.). New crops.* Wiley, New York, U.S.A., pp. 57-64.
- HIGAREDA-RUIZ, A.; SALAZAR-MONTOYA, S. A.; RAMOS-RAMÍREZ, G. E.. 1995. Caracterización de la pectina del tejocote. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4: 47-52.
- MORICO, G.; GRASSI, F.; FIDEGHELLI, C. 1999. Horticultural genetic diversity: conservation and sustainable utilization and related international agreements. *Acta Horticulturae* 495: 233-244.
- NIEMBRO, R. A. 1983. Caracterización morfológica y anatómica de semillas forestales. Tesis Profesional. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. 63 p.

- NIETO-ÁNGEL, R.; BORYS, M. W. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México, pp. 309-329. In: Avances en el Estudio de los Recursos Filogenéticos en México. ORTEGA P., R.; PALOMIO H., G.; CASTILLO G., F; GONZÁLEZ H., V. A.; LIVERA M., M (eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI), Chapingo, México.
- NIETO-ÁNGEL R.; ORTIZ, J.; GONZÁLEZ-ANDRÉS, F.; BORYS, M. W. 1997. Endocarp morphology as an aid for discriminanting wild and cultivated Mexican hawthorn (*Crataegus mexicana* Moc and Sessé). Fruits 52(5): 317-324.
- NIETO-ÁNGEL R.; BORYS, M. W. 1992. Banco de germoplasma de tejocote (*Crataegus* spp.) de la Republica Mexicana. Revista Chapingo 77: 126-130.
- PADULOSI, S. 1999. Priority setting for underutilized and neglected plant species of the Mediterranean Region. Report of the IPGRI Conference, 9-11 February 1998, ICARDA, Aleppo, Syria. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 148 p.
- PHIPPS, J. B. 1983. Biogeographic taxonomic and claditic relationship between East Asiatic and North American *Crataegus*. Ann. Missouri Bot. Gard. 70: 667-700.
- PHIPPS, J., B. 1997. Monograph of Northern Mexican *Crataegus* (Rosaceae, subfam. Maloideae). Botanical Research Institute of Texas, Inc. (BRIT). Texas, USA. 94 p.
- PELC, S. T.; PTAK, K. 1981. Development and structure of hawthorn seeds *Crataegus* L., from species occurring in Poland. Acta Soc. Botanicorum Poloniae 50: 409- 417.

II. SELECCIÓN DE VARIABLES MORFOLÓGICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

SELECCIÓN DE VARIABLES MORFOLÓGICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

SELECTION OF MORPHOLOGICAL VARIABLES FOR THE CHARACTERIZATION OF HAWTHORN (*Crataegus* spp.)

J. López-Santiago¹; R. Nieto-Ángel¹; A. F. Barrientos-Priego¹; J. E. Rodríguez-Pérez¹; M. T. Colinas-Leon¹; F. González-Andrés²

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Texcoco, Estado de México, 56230. México. Correo-e: losaju@correo.chapingo.mx.

² Departamento de Ingeniería Agraria, Universidad de León. León, España.

RESUMEN

La caracterización morfológica se basa en el estudio de numerosos caracteres que en forma simultánea permiten la definición de grupos de individuos, bajo este contexto, el definir un número mínimo de caracteres que permitan la discriminación adecuada de grupos de interés, es una tarea que requiere realizarse en diferentes especies, tal es el caso del tejocote (*Crataegus* spp.), recurso fitogenético de importancia en México, que requiere la elaboración de una guía técnica para la descripción de cultivares. Por tal motivo en 98 accesiones de tejocote, fueron registrados 76 caracteres morfológicos de hojas de brotes reproductivos y vegetativos, de flores y variables de fructificación. Con base en los análisis de varianza, coeficientes de variación, correlación de Pearson, selección por pasos y análisis de componentes principales, se determinó que con 31 caracteres fue posible un análisis adecuado de la variabilidad de la población estudiada, que permitió la discriminación.

PALABRAS CLAVES ADICIONALES: Rosaceae, germoplasma, análisis multivariado.

ABSTRACT

Morphological characterization is based on the study of many characters that permit the simultaneous definition of groups of individuals under this context. The definition of a minimum number of characters that permit appropriate discrimination of groups of interest is a required task for different species. Such is the case of the hawthorn (*Crataegus* spp.), an important plant genetic resource in Mexico that requires the elaboration of a technical guidelines for the description of varieties. In 98 hawthorn accessions, 76 morphological characters of leaves, reproductive and vegetative shoots, flowers and fruit set variables were registered. Based on variance analysis, variation coefficients, Pearson correlation, stepwise, and principal component analysis, it was determined that with 31 characters an appropriate analysis of the variability of the population studied that allowed the discrimination.

ADDITIONAL KEYWORDS: Rosaceae, germoplasm, multivariate analysis.

INTRODUCCIÓN

El género *Crataegus*, comprende aproximadamente 150 especies distribuidas en todo el mundo, de las cuales, 55 se encuentran en el Continente Europeo-Asiático y 95 en el Americano. En México se encuentran 13 especies de este género (Phipps, 1997), en condiciones templadas y frías, dentro de altitudes que van de 400 hasta 3,000 m. Existe amplia variabilidad entre ellos, aunque de acuerdo con un estudio sobre caracterización de endocarpios realizado por Nieto-Ángel *et al.* (1997), obtuvieron dos grupos, los criollos y cultivados; los primeros se encuentran establecidos de los 14° hasta 32° de Latitud Norte y el segundo grupo entre los 19° y 20° de Latitud Norte (Nieto-Ángel y Borys, 1991).

La importancia que tiene el género *Crataegus*, es de su uso alimenticio, como portainjerto, ecológico, ornamental, forrajero, medicinal e industrial (Nieto-Ángel y Borys, 1991; Borys y Leszczńska-Borys, 1994; Higareda *et al.*, 1995; Yuming y Xiaogui, 1995; Nieto-Ángel y Borys, 1999; Bernáth 1999; Bignami *et al.*, 2003; Radusiene, 2004).

A partir de 1981 se iniciaron las colectas de tejocote en algunas regiones de los estados de Chiapas, México y Puebla, y se estableció el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, con la finalidad de conservar este recurso fitogenético y caracterizar su morfología y usos.

La caracterización en el caso de germoplasma vegetal, consiste en que a partir de un grupo de variables se tenga la capacidad de diferenciar especies, variedades botánicas, cultivares o individuos que pertenezcan a diferentes poblaciones; estos conocimientos pueden ser aplicados en la botánica sistemática, análisis de la diversidad y las relaciones genéticas, entre otros propósitos para la gestión de bancos de germoplasma (González-Andrés, 2001), búsqueda de marcadores útiles en el mejoramiento genético (Querol, 1988; González-Andrés, 2001). Los tipos de caracteres utilizados pueden ser morfológicos, citológicos, bioquímicos (compuestos de bajo peso molecular como flavonoides, alcaloides, aminoácidos no proteínicos, aceites esenciales; moléculas

proteicas como proteínas de reserva e isoenzimas), marcadores de ADN, ecológicos, geográficos y fisiológicos-agronómicos (González-Andrés, 2001).

Para la caracterización, se requiere de la definición de variables con mayor estabilidad, los cuales pueden ser propuestos como descriptores, y que deben ser de fácil medición y uniformes dentro del mismo genotipo. Estos generalmente hacen referencia a la presencia de estructuras y fenología de una accesión. Existen diferentes tipos de descriptores, por ejemplo, de pasaporte, de manejo, de sitio y ambiente, de evaluación, y de caracterización. Los de caracterización permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos y generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan de forma similar en ambientes variados; además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables, según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular (Anónimo, 1995; Franco e Hidalgo, 2003).

Los descriptores morfológicos con mayor capacidad discriminante en algunos frutales de la familia de las rosáceas, como el membrillero, manzano, y duraznero, incluyen al vigor de la planta, tipo de árbol, hábito de crecimiento, tallos de un año de edad (longitud del internudo, pubescencia, número, color, tamaño de lenticelas), hoja (posición en relación al tallo, longitud, ancho, relación longitud/ancho, forma, forma de la base, ángulo del ápice, longitud de ápice y longitud del pecíolo de la hoja), flor (tipo, época de floración, color, tamaño, diámetro de la flor con pétalos, posición de pétalos, pubescencia), fruto (tamaño del fruto, simetría y forma general en sección longitudinal, diámetro máximo, relación longitud/diámetro, color de la pulpa de la fruta), requerimiento de frío, etc., (Anónimo, 1984; Anónimo, 2002a; Anónimo, 2002b).

Los caracteres que permiten la identificación del género *Crataegus* en hojas son: longitud, consistencia, grado de curvatura, pubescencia; en flor: pubescencia hipantial, lóbulo en el cáliz, tamaño de pétalos, color de antera, número de estilos y carpelos; en frutos: forma, tamaño, color y rudimento del cáliz, y relación largo/ancho (Phipps, 1997).

México, considerado como uno de los posibles centros de origen del género *Crataegus* (Phipps, 1983), hasta el momento no se han definido las especies del sur de México y la diversidad fenotípica para el tejocote, por lo que la presente investigación tiene como objetivo la selección de variables morfológicas de hojas, estomas, flores y componentes de fructificación (número de flores, de inflorescencias, porcentajes de amarre) de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, que sean confiables y además discriminantes, y así poder contribuir a la caracterización y paralelamente en los descriptores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica y características del Banco de Germoplasma de Tejocote

La presente investigación se realizó en el Banco de Germoplasma de Tejocote, el cual se encuentra ubicado en el lote Lomas de San Juan, del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, México, localizado geográficamente a los 19° 29' de Latitud Norte y a 98° 53' de Longitud Oeste y a altitud de 2250 m. El clima del sitio es C(Wo) (w)b (i'), que corresponde a templado moderadamente lluvioso y el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano; con temperatura media del mes más cálido de 17.5 °C (mayo) y de 11.6 °C del mes más frío (enero) y temperatura media anual de 17.8 °C. La precipitación media anual es de 644.8 mm, con promedio de 96 días de lluvia; la máxima lluvia durante el mes de julio y la mínima en enero; la evaporación potencial varía de los 900 a los 2,300 mm al año (García, 1988).

Material vegetal.

Se consideraron 98 accesiones de tejocote (Acc.) del Banco de Germoplasma (Cuadro 1), provenientes de México colectados en los Estados de México, Puebla y Chiapas. Los árboles fueron establecidos de 1984 a 1985 e injertados en 1985 y 1986, sobre portainjertos de tejocote provenientes del Estado de México (Acc. 1 al 45), Puebla (Acc.

54, 55, 62, 63, 91-96) y Chiapas (Acc. 46-53, 56-58, 60-66, 91); los portainjertos del estado de Chiapas fueron obtenidos a través de estacas de raíz y, los del Edo. de México y Puebla de semilla. Los árboles se encuentran establecidos a distancia de 3.0 m entre árboles y de 4.0 m entre hileras. Las accesiones del una al 66 tienen de tres a siete repeticiones; las accesiones del 67 al 100 solo están representados por un ejemplar (Cuadro 1).

La evaluación de variables de fructificación, se realizó en cuatro árboles homogéneos por accesión y de cada árbol se seleccionaron dos ramas de un año, una en posición norte y la otra posición sur. De las accesiones con solo un árbol se utilizaron cuatro ramas del lado norte y cuatro del lado sur.

Flores.

Se colectaron 50 flores con pedicelo por accesión, de éstas se utilizaron 10 y en el laboratorio se seccionaron en pétalos, estambres, estilos y receptáculo floral (incluyó al receptáculo floral, pedicelo, cáliz).

Hojas.

Se eligieron 20 hojas de cada uno de los tres tipos de brotes: vegetativos cortos (menor de 7.0 cm de longitud), vegetativos largos (mayor de 7.0 cm de longitud) y reproductivos, ubicadas en la parte media de los árboles por accesión. En cada brote fue seleccionada la quinta o sexta hoja desarrollada a partir de la base, esto con la finalidad de utilizar las hojas maduras.

Preparaciones de estomas de hojas de brotes reproductivos.

Se utilizaron de cinco a ocho hojas provenientes de brotes reproductivos, con la finalidad de obtener impresiones de los estomas, para ello se colocó silicón dental (Exactoden®) en una caja petri en aproximadamente 1 cm², se agregó de dos a cuatro gotas de activador (Exactoden®), se mezcló con espátula hasta homogenizar la mezcla, esta se aplicó en la parte media de la hoja y se secó de tres a cinco minutos para obtener impresiones epidérmicas en el silicón. Posteriormente sobre el silicón dental se

aplicó barniz de uñas transparente (Natural Wonder®), transcurrido dos minutos se desprendió el barniz. Se colocaron de cinco a ocho muestras secas de barniz en un

Cuadro 1. Accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) y sus orígenes, del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, utilizadas para la selección de variables.

ACC. NÚM.	CÓDIGO	ORIGEN	REGISTRO	ACC. NÚM.	CÓDIGO	ORIGEN	REGISTRO
1	CH-20B	Chiapas	20B de Chiapas	51	CH-49	Chiapas	49 de Chiapas
2	CH-26	Chiapas	26 de Chiapas	52	CH-52	Chiapas	52 de Chiapas
3	CH-10	Chiapas	10 de Chiapas	53	CM	España	<i>Crataegus monogyna</i> (España)
4	CH-9	Chiapas	9 de Chiapas	54	P54	Puebla	54 de Puebla
5	CH-25	Chiapas	25 de Chiapas	55	P55	Puebla	55 de Puebla
6	CH-20	Chiapas	20 de Chiapas	56	P56	Puebla	56 de Puebla
7	CH-30B	Chiapas	30B de Chiapas	57	EM57	México	57 del Estado de México
8	CH-17	Chiapas	17 de Chiapas	58	EM58	México	58 del Estado de México
9	CH-23	Chiapas	23 de Chiapas	59	CH59	Chiapas	59 de Chiapas
10	CH-16	Chiapas	16 de Chiapas	60	P60	Puebla	60 del Estado de Puebla
11	P11	Puebla	11 de Puebla	61	EM61	Puebla	61 del Estado de Puebla
12	CH-30	Chiapas	30 de Chiapas	62	EM62	México	62 del Estado de México
13	CH-22	Chiapas	22 de Chiapas	63	EM63	México	63 del Estado de México
14	CH-32	Chiapas	32 de Chiapas	64	EM64	Puebla	64 de Puebla
15	CH-37	Chiapas	37 de Chiapas	65	EM65	México	65 del Estado de México
16	CH-36	Chiapas	36 de Chiapas	66	EM66	México	66 del Estado de México
17	CH-27	Chiapas	27 de Chiapas	67	CH67	Chiapas	67 de Chiapas
18	CH-30 C	Chiapas	30C de Chiapas	68	CH68	Chiapas	68 de Chiapas
19	CH-39	Chiapas	39 de Chiapas	69	CH69	Chiapas	69 de Chiapas
20	CH-40	Chiapas	40 de Chiapas	70	CH70	Chiapas	70 de Chiapas
21	CH-31	Chiapas	31 de Chiapas	71	CH71	Chiapas	71 de Chiapas
22	CH-38	Chiapas	38 de Chiapas	72	CH72	Chiapas	72 de Chiapas
23	CHPA	Chiapas	Chiapas, portainjerto A	73	CH73	Chiapas	73 de Chiapas
24	CP5	Puebla	5 Calpan, Puebla	74	CH74	Chiapas	74 de Chiapas
25	CP28	Puebla	28 Calpan, Puebla	75	CH75	Chiapas	75 de Chiapas
26	CP4	Puebla	4 Calpan, Puebla	76	CH76	Chiapas	76 de Chiapas
27	CH-31B	Chiapas	31B de Chiapas	77	CH77	Chiapas	77 de Chiapas
28	SPT	México	San Pablo, Texcoco	78	CH78	Chiapas	78 de Chiapas
29	BAT B	México	Batán B	79	CH79	Chiapas	79 de Chiapas
30	CP4B	Puebla	4B Calpan, Puebla	80	CH80	Chiapas	80 de Chiapas
31	CP1	Puebla	1 Calpan, Puebla	81	CH81	Chiapas	81 de Chiapas
32	BAT A	México	Batán A	82	CH82	Chiapas	82 de Chiapas
33	HPC13	Puebla	13 Huejotzingo, Cultivado	83	CH83	Chiapas	83 de Chiapas
34	SNTPB	México	San Nicolás Tlaminas. Portainjerto B	84	CH84	Chiapas	84 de Chiapas
35	CH-43	Chiapas	43 de Chiapas	85	CH85	Chiapas	85 de Chiapas
36	SPI-2	México	2 de San Pablo Ixayoc	86	P86	Puebla	86 de Puebla
37	EM37	México	37 del Estado de México	87	P87	Puebla	87 de Puebla
38	SNT-C	México	San Nicolás Tlaminas. Cultivado	88	CH88	Chiapas	88 de Chiapas
39	SNT-P	México	San Nicolás Tlaminas. Portainjerto	89	CH89	Chiapas	89 de Chiapas
40	SPI-1	México	1 de San Pablo Ixayoc	90	MICHP90	Michoacan	28 de Michoacan
41	SNTC48	México	48 de San Nicolás Tlaminas.	91	P91	Puebla	91 de Puebla
42	CH10P	Chiapas	10 de Chiapas. Portainjerto	92	P92	Puebla	92 de Puebla
43	CHPB	Chiapas	Chiapas, Portainjerto B	93	P93	Puebla	93 de Puebla
44	CH-42	Chiapas	42 de Chiapas	94	P94	Puebla	94 de Puebla
45	HPC14A	Puebla	14A de Huejotzingo, Puebla. Cultivado	95	P95	Puebla	95 de Puebla
46	CP-B	Puebla	B de Calpan, Puebla	96	P96	Puebla	96 de Puebla
47	HP14B	Puebla	14B de Huejotzingo, Puebla	97	EM97	México	97 del Estado de México
48	HPC15	Puebla	15 de Huejotzingo, Puebla. Cultivado	98	P98	Puebla	98 de Puebla
49	PT	México	Pecoso de Tlaminas	99	CH99	Chiapas	99 de Chiapas
50	PT-12	México	12 Pecoso de Tlaminas	100	HPC100	Puebla	100 de Huejotzingo, Puebla, Cultivado

ACC. NÚM: Acceso número.

portaobjetos por accesión, finalmente se colocó un cubreobjetos el cual fue sellado con barniz.

Digitalización de estomas.

Con un microscopio óptico (Carl Zeiss, Alemania) provisto de una cámara de vídeo de alta resolución integrado a la computadora mediante una tarjeta externa GlabIT Pro, se digitalizaron fotografías de los estomas con un objetivo de 40X y ocular 10X (área de $201.9220 \mu\text{m}^2$). Cada preparación, integrada por cinco a ocho hojas, representó una accesión de tejocote, se tomaron 10 campos por hoja, (50 campos por accesión), se consideraron 98 accesiones, dando un total de 4900 imágenes.

Digitalización de flores y hojas.

Mediante el empleo de un “escáner”, se digitalizaron imágenes, con el programa PhotoImpact, de flor y sus estructuras y, los tres tipos de hojas (por tipo de hojas: 15 por el haz y 5 por envés).

Caracteres evaluados.

A partir de las imágenes digitalizadas de hojas, estomas y flores, se realizó la medición mediante el programa Image Tool ver. 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002) de los siguientes caracteres (Cuadro 2): Frecuencia estomática (estomas mm^{-2}); número de estomas que aparecían en una proporción mayor que 50 % de su tamaño total; longitud del estoma (μm), se usó de referencia los extremos distales; distancia entre estomas más próximos (μm); área de lamina foliar, pétalos, receptáculo floral y estambres (cm^2); perímetro de lamina foliar, pétalos, receptáculo floral y estambres; longitud del eje mayor de lámina foliar, pétalos, receptáculo floral y estambres (cm), que corresponde con la longitud de la línea más larga que puede dibujarse dentro del objeto; longitud del eje menor de lámina foliar, pétalos, receptáculo floral y estambres (cm), la longitud de la línea más corta que puede trazarse en el objeto y perpendicular al eje mayor; índice de alargamiento de lámina foliar, pétalos, receptáculo floral y estambres, relación de la longitud del eje mayor entre la longitud del eje menor, los resultados de esta variable pertenecen al intervalo de 0 a 1, si el índice tiene el valor de 1, el objeto tiene la forma

circular, si decrece el índice de 1, la forma tiende a ser más alargada; índice de redondez de lámina foliar, pétalos, receptáculo floral y estambres, esta variable presenta valores de 0 (forma alargada) a 1 (forma circular), calculado con la ecuación:

$$IR = \frac{4 \cdot \pi \cdot \text{área}}{\text{perímetro}}; \text{ diámetro Feret de lámina foliar, pétalos, receptáculo floral y estambres,}$$

que es el diámetro de un círculo hecho con la misma área del objeto, y se calculó con la

$$\text{ecuación: } DF = \sqrt{\frac{4 \cdot \text{área}}{\pi}}; \text{ índice de compactación de lámina foliar, pétalos, receptáculo}$$

floral y estambres, su valor ocurre entre 1 si la hoja tiene forma redonda, cero, si es

$$\text{alargada, es calculado con la ecuación: } IC = \sqrt{\frac{(4 \cdot \text{área}) \cdot \text{longitud eje mayor}}{\pi}}; \text{ ángulo apical}$$

de la hoja ($^{\circ}$); ángulo basal de la hoja ($^{\circ}$); Longitud del pecíolo de la hoja (cm); número de dientes sobresalientes de la lámina de la hoja de hojas brotes reproductivos; número de venas primarias de la lámina de la hoja, contadas en envés, se consideraron cinco hojas por accesión para brotes vegetativos cortos y cinco hojas de brotes reproductivos; longitud del receptáculo floral más el pedicelo de la flor (cm); longitud del pedicelo de la flor (cm); longitud del receptáculo floral (cm); longitud del estilo de la flor (cm); número de pétalos por flor; número de estilos por flor; longitud de la flor (cm), se midió con vernier digital (Mitutoyo ®, Japón); número de estambres por flor; número de brácteas por flor; número de inflorescencias por rama de un año, en plena floración; número de flores por inflorescencia; amarre de fruto (%), a los dos meses después la antesis; porcentaje de frutos presentes a madurez fisiológica (%).

Análisis estadísticos.

Se realizaron pruebas de bondad de ajuste para la distribución normal de los 76 caracteres, de acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk y se obtuvo la media de los caracteres, así mismo se ejecutaron análisis de varianza con base a un diseño completamente al azar, se utilizó a las 98 accesiones como factor de variación de interés, con número variable de repeticiones, para estomas 50, hojas 20 y flores 10.

Se calcularon coeficientes de variación (CV) y correlaciones lineales entre pares de variables.

Cuadro 2. Variables evaluadas para su selección en hojas, flores y de fructificación de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

EP	VARIABLES	ABV	EP	VARIABLES	ABV
Hojas de brotes reproductivos	Frecuencia estomática (estomas mm ⁻²)	EHR	Receptáculo floral mas pedicelo mas cáliz		RFPC
	Longitud del estoma (µm)	FE		Área (cm)	AF
	Distancia entre estomas más próximos (µm)	LE		Perímetro (cm)	P
	Lámina foliar (cm ²)	DEP		Longitud del eje mayor (cm)	LEM
	Perímetro (cm)	AF		Longitud del eje menor (cm)	LEME
	Longitud del eje mayor (cm)	P		Índice de alargamiento	IA
	Longitud del eje menor (cm)	LEM		Índice de redondez	IR
	Índice de alargamiento	LEME		Diámetro Feret	DF
	Índice de redondez	IA		Índice de compactación	IC
	Diámetro Feret	IR		Longitud de receptáculo mas pedicelo (cm)	LRP
	Índice de compactación	DF		Longitud del pedicelo (cm)	LP
	Ángulo apical (grados)	IC		Longitud del receptáculo (cm)	LR
	Ángulo basal (grados)	AP	Pétalos de la flor		P
	Longitud del peciolo (cm)	AB		Área (cm)	AF
Hojas de brotes vegetativos cortos	Lámina foliar (cm ²)	LP		Perímetro (cm)	P
	Perímetro (cm)	HBVC		Longitud del eje mayor (cm)	LEM
	Longitud del eje mayor (cm)	AF		Longitud del eje menor (cm)	LEME
	Longitud del eje menor (cm)	P		Índice de alargamiento	IA
	Índice de alargamiento (cm)	LEM		Índice de redondez	IR
	Índice de redondez	LEME		Diámetro Feret	DF
	Diámetro Feret	IA		Índice de compactación	IC
	Índice de compactación	IR	Estructuras de flor		FC
	Ángulo apical (grados)	DF		Número de pétalos por flor (cm)	NP
	Ángulo basal (grados)	IC		Longitud del estilo (cm)	LE
Hojas de brotes vegetativos largos	Longitud del peciolo (cm)	AP		Número de estilo	NE
	Lámina foliar (cm ²)	AB		Longitud de la flor (cm)	LF
	Perímetro (cm)	LP		Número de estambres	NE
	Longitud del eje mayor (cm)	HBVL		Número de bracteas	NB
	Longitud del eje menor (cm)	AF	Estambres		ET
	Índice de alargamiento	P		Área (cm)	AF
	Índice de redondez	LEM		Perímetro (cm)	P
	Diámetro Feret	LEME		Longitud del eje mayor (cm)	LEM
	Índice de compactación	IA		Longitud del eje menor (cm)	LEME
	Ángulo apical (grados)	IR		Índice de alargamiento	IA-ET
Hojas de brotes reproductivos	Número de dientes sobresalientes	DF		Índice de redondez	IR
	Número de venas	IC		Diámetro Feret	DF
	Número de venas	AP		Índice de compactación	IC
	Número de venas	AB	Floración		FR
	Número de venas	LP		Número de inflorescencias	NI
	Número de venas	HBR		Número de flores por inflorescencia	NFI
	Número de venas	NDS	Amarre de fruto		A
	Número de venas	NV		Amarre de frutos (%)	AFTC
	Número de venas	HBVC		Permanencia de frutos hasta madurez fisiológica (%)	PFMF
	Número de venas	NV			

EP: estructura de la planta; ABV: Abreviación

Se realizó una selección de variables por el método de selección por pasos (Johnson, 1998), el cual parte de análisis de varianza individual, cuya *F* calculada fue la mayor, asociada con la mayor variación con respecto al las accesiones. Posteriormente, se incluyó la segunda variable con el mayor valor de *F*, dentro de un análisis de

covarianza, donde la primera variable elegida se usó como covariable. Si la prueba de F resultó significativa con un nivel de probabilidad preestablecido (0.40), la nueva variable fue considerada útil para la discriminación. Este proceso se repite utilizando como covariables los caracteres previamente elegidos y es posible eliminar algunos de estos si en el nuevo análisis de covarianza no presenta significancia (0.15). El programa estadístico SAS mediante el procedimiento PROC STEPDISC el cual realiza este tipo de análisis.

Se aplicó un análisis de componentes principales (ACP), para reducir la dimensionalidad de un grupo de datos (Jonhson, 1998) con diferente grado de correlación, reteniendo la mayor parte posible de la variabilidad presente en estos (Jolliffe, 1973). La reducción de la dimensionalidad se basó en la selección de un número adecuado de componentes principales que conservaron la mayor variabilidad (Eastment y Krzanowski, 1982; Johnson, 1998), además fueron elegidos los vectores propios con altos valores para cada componente y alta correlación ($r \geq 0.7$) del ACP para el primer componente principal, para las cuatro componentes restantes la correlación igual o mayor 0.5. Estos análisis estadísticos fueron realizados con el programa Statistical Analysis System (SAS), versión 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 76 caracteres registrados en 98 accesiones de tejocote, de acuerdo a las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, corresponden con una muestra de una distribución normal ($P \leq 0.01$), por lo que la aplicación de análisis convencional es válida; resultados obtenidos gracias al tamaño de muestra elevados de observaciones.

El análisis de varianza (Cuadro 3), mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en todos los caracteres estudiados, lo cual quiere decir que existe variabilidad entre las accesiones evaluadas e indica su posible uso para la discriminación de grupos.

Los coeficientes de variación definieron la magnitud de la variabilidad de los caracteres estudiados (Franco e Hidalgo, 2003), el cual al ser pequeño dentro de cada accesión, identifica variables con posibilidades de ser utilizados como descriptores. Fueron elegidos como candidatos los caracteres que presentaron valores menores del 20 % de coeficiente de variación (CV). Se obtuvo baja variabilidad dentro de las accesiones, al obtenerse CV menores que el 15 % en 43 caracteres (Cuadro 3). Los CV aceptables para la caracterización van 15 a 20 %, se obtuvo en 10 caracteres y los CV superiores al 20 % se obtuvieron en 23 caracteres (Cuadro 3), lo cual indicó que estos presentaron alta variabilidad dentro de cada accesión, además estos coeficientes no son deseables para realizar caracterización, puesto que pudieron estar muy influenciados por el ambiente. Los caracteres número de dientes sobresalientes, número de brácteas por flor, amarre de frutos, permanencia de frutos hasta madurez fisiológica, sus altos CV se debieron básicamente a la alta frecuencia de ceros, lo anterior se fundamenta a que si la media verdadera, es un valor próximo a cero, entonces el coeficiente de variación tenderá a tomar valores altos. Con cultivos de alta variabilidad como los árboles frutales, no es raro ver coeficientes de variación muy grandes, de 50 % y aún mayores (Martínez, 1994).

Para el método de selección de variables por pasos propuesto por Jonson (1998) fueron seleccionados 72 caracteres de las 76 incluidas. Los caracteres eliminados fueron índice de alargamiento del receptáculo floral, longitud del pedicelo más el receptáculo floral, longitud del eje mayor de los pétalos y longitud del eje menor del receptáculo, al estar representados por otras covariables incluidas previamente en el análisis, es decir su variabilidad estuvo representada por otras variables, este método de selección de variables depuró reducido número de caracteres, quizá por el alto número de caracteres, por lo que en este caso su utilidad fue limitada.

El coeficiente de correlación de Pearson (r) sirvió para medir el grado de asociación entre pares de caracteres (Franco e Hidalgo, 2003), en el cual se tomó como criterio que las variables presentaran una $r \geq 0.7$, que fueran altamente significativas ($P \leq 0.001$), así, fueron eliminadas caracteres que estuviesen representados por otras

variables en aquellas correlaciones mayores que $r > 0.9$ y significativas ($P \leq 0.001$). Se obtuvieron 2888 coeficientes de correlación, de los cuales se eliminaron 228 correlaciones dadas por áreas (de hojas de brote reproductivo, vegetativo corto y largo, del receptáculo floral, de pétalos, de estambres) con el resto de las variables, ya que estuvo representada por perímetro. Los caracteres perímetro, longitud del eje mayor y menor, y diámetro Feret de hojas de brotes reproductivos tienen una alta correlación positiva y significativa ($P \leq 0.001$) con las mismas variables anteriores de hojas de brotes vegetativos largos; mismo comportamiento, pero en menor proporción lo tuvo las hojas de brotes reproductivos con las hojas de brotes vegetativos cortos (Cuadro 4). Lo anterior se explica puesto que son componentes de forma de la hoja; por ejemplo, a medida que se incrementa el perímetro, incrementaran en forma proporcional sus valores y viceversa.

Existió alta correlación entre la variable índice de compactación de hojas provenientes de brotes vegetativos largos con su respectivo ángulo basal (Cuadro 4), las hojas que presentaron mayor ángulo basal tuvieron una forma redonda. El carácter área del receptáculo floral presentó alta correlación positiva y significativa ($P \leq 0.001$) con la longitud del receptáculo floral, perímetro, longitud del eje mayor y menor y diámetro feret de los pétalos y longitud del estilo; similar comportamiento tuvo la variable longitud del eje mayor y diámetro feret del receptáculo floral con las mismas variables anteriores (Cuadro 4), lo cual es atribuible a que son variables dependientes. Así, al tener mayor área del receptáculo floral, se tendrán pétalos más grandes, consecuentemente mayor tamaño de flor.

Hubo 30 coeficientes de correlación altos ($r > 0.90$) y significativas ($P \leq 0.001$) (Cuadro 4), e indica que la elección razonada de una de ellas, sustituye a la otra en cada correlación.

Cuadro 3. Análisis de varianza para 76 variables en 98 accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

		ABV	GRADOS DE LIBERTAD			CUADRADOS MEDIOS			
EP	VARIABLES		NÚM. ACC.	ERROR	TOT	TOT**	ERROR	MEDIA	CV
Hojas de brotes reproductivos									
		EHR							
	Frecuencia estomática (estomas mm ⁻²)	FE	97	4802	4899	167.79	1.87	8.01	17.05
	Longitud del estoma (µm)	LE	97	4802	4899	6.70	0.05	3.15	7.13
	Distancia entre estomas más próximos (µm)	DEP	97	4802	4899	2.96	0.12	1.05	33.40
	Lámina foliar (cm ²)	AF	94	1805	1899	828.57	6.25	9.27	26.96
	Perímetro (cm)	P	94	1805	1899	460.64	3.67	15.02	12.76
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	94	1805	1899	47.95	0.26	4.66	11.09
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	94	1805	1899	12.25	0.11	2.63	12.92
	Índice de alargamiento	IA	94	1805	1899	0.95	0.02	1.77	8.50
	Índice de redondez	IR	94	1805	1899	0.04	0.001	0.47	8.49
	Diámetro Feret	DF	94	1805	1899	21.41	0.13	3.26	11.04
	Índice de compactación	IC	94	1805	1899	0.036	0.001	0.70	4.56
	Ángulo apical (grados)	AP	94	1805	1899	1304.67	109.26	90.02	11.61
	Ángulo basal (grados)	AB	94	1805	1899	2529.04	111.37	79.74	13.23
	Longitud del peciolo (cm)	LP	94	1804	1898	0.95	0.02	0.73	18.89
Hojas de brotes vegetativos cortos									
		HBVC							
	Lámina foliar (cm ²)	AF	95	1816	1911	360.24	3.39	8.03	22.92
	Perímetro (cm)	P	95	1816	1911	257.69	2.316	13.99	10.87
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	95	1816	1911	28.09	0.23	4.33	11.14
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	95	1816	1911	8.32	0.07	2.53	11.13
	Índice de alargamiento (cm)	IA	95	1816	1911	1.39	0.029	1.73	9.91
	Índice de redondez	IR	95	1816	1911	0.05	0.0001	0.48	7.23
	Diámetro Feret	DF	95	1816	1911	12.44	0.09	3.08	9.86
	Índice de compactación	IC	95	1816	1911	0.06	0.001	0.71	5.48
	Ángulo apical (grados)	AP	95	1824	1919	1910.37	110.73	99.06	10.62
	Ángulo basal (grados)	AB	95	1824	1919	5401.60	215.50	80.52	18.23
	Longitud del peciolo (cm)	LP	95	1824	1919	0.49	0.01	0.64	20.62
Hojas de brotes vegetativos largos									
		HBVL							
	Lámina foliar (cm ²)	AF	95	1822	1917	1327.40	10.19	12.82	24.89
	Perímetro (cm)	P	95	1822	1917	531.83	4.09	17.71	11.49
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	95	1822	1917	57.19	0.318	5.116	11.03
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	95	1822	1917	15.89	0.15	3.31	11.72
	Índice de alargamiento	IA	95	1822	1917	1.083	0.019	1.54	9.08
	Índice de redondez	IR	95	1822	1917	0.07	0.0014	0.47	8.06
	Diámetro Feret	DF	95	1822	1917	25.85	0.15	3.85	10.34
	Índice de compactación	IC	95	1822	1917	0.07	0.00	0.76	4.58
	Ángulo apical (grados)	AP	95	1824	1919	2340.22	93.05	104.64	9.21
	Ángulo basal (grados)	AB	95	1824	1919	8620.93	206.40	102.88	13.90
	Longitud del peciolo (cm)	LP	95	1824	1919	1.24	0.022	0.72	20.69
Hojas de brotes reproductivos									
	Número de dientes sobresalientes	HBR							
		NDS	95	1823	1918	30.63	0.50	0.62	113.79
	Número de venas	NV	95	384	479	45.43	2.56	11.36	14.08
Hojas de brotes vegetativos cortos									
	Número de venas	HBVC							
		NV	95	384	479	36.33	2.52	10.97	14.48
Receptáculo floral mas pedicelo mas cáliz									
		RFPC							
	Área (cm)	AF	96	1073	977	9.41	0.06	1.55	16.13
	Perímetro (cm)	P	96	1073	977	260.30	3.28	11.95	15.16
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	96	1073	977	14.91	0.28	3.07	17.25
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	96	1073	977	3.70	0.05	1.57	14.74
	Índice de alargamiento	IA	96	1073	977	0.51	0.15	1.98	19.83
	Índice de redondez	IR	96	1073	977	0.01	0.0008	0.13	20.91
	Diámetro feret	DF	96	1073	977	2.33	0.009	1.32	7.43
	Índice de compactación	IC	96	1073	977	0.02	0.002	0.44	11.95
	Longitud de receptáculo mas pedicelo (cm)	LRP	96	849	945	7.58	0.26	2.75	18.66
	Longitud del pedicelo (cm)	LP	96	849	945	4.34	0.24	1.85	26.47
	Longitud del receptáculo (cm)	LR	96	849	945	0.61	0.02	0.90	13.76
Pétalos de la flor									
		P							
	Área (cm)	AF	97	4727	4824	15.98	0.08	1.30	22.42
	Perímetro (cm)	P	97	4727	4824	66.66	0.27	4.51	11.52
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	97	4727	4824	6.15	0.02	1.4	9.59
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	97	4727	4824	4.65	0.02	1.17	14.30
	Índice de alargamiento	IA	97	4727	4824	0.10	0.02	1.20	11.21
	Índice de redondez	IR	97	4727	4824	0.10	0.007	0.75	11.21
	Diámetro feret	DF	97	4727	4824	4.85	0.02	1.24	11.08
	Índice de compactación	IC	97	4727	4824	0.02	0.002	0.88	5.14
Estructuras de flor									
		FC							
	Número de pétalos por flor	NP	96	993	1089	2.17	0.25	5.22	9.59
	Longitud del estilo (cm)	LE	97	1010	1107	0.45	0.006	0.74	10.62
	Número de estilos	NE	97	1002	1099	11.8	0.55	3.17	23.40
	Longitud de la flor (cm)	LF	97	1006	1103	0.16	0.06	0.93	26.79
	Número de estambres	NE	97	930	1027	120	3.55	16.7	11.25
	Número de bracteadas	NB	97	1004	1101	4.92	0.43	1.43	61.77
Estambres									
		ET							
	Área (cm)	AF	97	4752	4849	0.04	0.0003	0.05	35.36
	Perímetro (cm)	P	97	4752	4849	15.9	0.15	1.64	24.21
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	97	4752	4849	2.27	0.02	0.06	25.49
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	97	4752	4849	20.1	0.002	0.12	42.07
	Índice de alargamiento	IA-ET	97	4752	4849	111	5.45	5.96	39.15
	Índice de redondez	IR	97	4752	4849	0.07	0.006	0.25	32.78
	Diámetro feret	DF	97	4752	4849	0.30	0.002	0.24	16.86
	Índice de compactación	IC	97	4752	4849	0.10	0.006	0.42	18.96

Cuadro 3. Continuación

EP	VARIABLES	ABV	GRADOS DE LIBERTAD			CUADRADOS MEDIOS			CV
			Num. Acc	ERROR	TOT	TOT**	ERROR	MEDIA	
Floración	Número de inflorescencias	FR	97	682	779	23.3	3.41	3.42	53.95
	Número de flores por inflorescencia	NFI	97	2201	2298	33.8	2.35	4.57	33.49
Amarre de fruto		A							
	Amarre de frutos (%)	AFTC	97	2201	2298	8557	776.1	35.1	79.51
	Permanencia de frutos hasta madurez fisiológica (%)	PEMF	97	2201	2298	8503	749.95	33.3	81.57

** : altamente significativo a una $P \leq 0.001$ para todas las variables

EP: estructura de la planta; NÚM. ACC: Número de accesiones; ABV: Abreviación; CV: coeficiente de variación (%)

Para análisis de componentes principales en este estudio se consideraron los cinco componentes principales, ya que acumularon el 71.2 % de la variabilidad presente en los datos (Cuadro 5) (Jolliffe, 1973; Eastment y Krzanowski, 1982). Entre más componentes principales se hubieran requerido, menos útil se vuelve cada una de ellas (Johnson, 1998).

Para ello, se consultó los vectores propios de los ACP elegidos, en estos se identificaron caracteres con mayor valor absoluto, lo que indica mayor contribución en la componente principal particular (Cuadro 6). Los caracteres que tuvieron relación con la primera componente principal fueron: el receptáculo floral con las variables área, perímetro, longitud del eje mayor y menor, diámetro Feret, longitud del receptáculo floral más pedicelo más cáliz de la flor, longitud del pedicelo; hojas provenientes de brotes vegetativos cortos con las variables lámina foliar, perímetro, longitud del eje mayor, diámetro Feret; hojas de brotes reproductivos y vegetativos largos, con las variables lámina foliar, perímetro, longitud del eje mayor y menor, diámetro Feret, estos son los que más contribuyeron al primer componente principal, que presentó el 29.64 % de la variabilidad encontrada entre las accesiones evaluadas (Cuadro 5).

La segunda componente principal mostró el 15.64 % de la variabilidad explicada (Cuadro 5) y se asoció con área, longitud del eje mayor y menor de los pétalos; área, perímetro y longitud del eje mayor para los estambres de la flor, y longitud de estilos, variables que más contribuyeron a la componente principal (Cuadro 6). El tercer componente principal, las variables que tuvieron fuertes relaciones fueron: frecuencia

Cuadro 4. Coeficiente de Correlación de Pearson entre pares de variables evaluadas en accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

Citalopram spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional Agraria La Molina.																						
	LEM- HBR	LEME- HBR	DF- HBR	P- HBVC	LEM- HBVC	LEME- HBVC	DF- HBVC	P- HBVL	LEM- HBVL	LEME- HBVL	DF- HBVL	LEM- RFPC	DF- RFPC	LP	LR	P-P	LEM-P	LEME- P	DF-P	AB-HBVL	LE	
P-HBR	0.96**	0.95**	0.98**	0.76**	0.79**	0.721**	0.79**	0.77**	0.77**	0.78**	0.80**	0.29**	0.30**	0.28**	0.31**	0.19**	0.17**	0.17**	0.17**	-0.08**	0.14**	
LEM- HBR		0.91**	0.98**	0.72**	0.81**	0.66**	0.78**	0.77**	0.82**	0.76**	0.82**	0.31**	0.33**	0.27**	0.35**	0.17**	0.16**	0.15**	0.16**	-0.16**	0.15**	
LEME- HBR			0.97**	0.74**	0.74**	0.734**	0.78**	0.74**	0.721**	0.77**	0.77**	0.24**	0.25**	0.25**	0.26**	0.16**	0.15**	0.14**	0.15**	0.02NS	0.11**	
DF- HBR				0.74**	0.79**	0.712**	0.79**	0.77**	0.79**	0.77**	0.82**	0.29**	0.31**	0.27**	0.32**	0.17**	0.16**	0.15**	0.16**	-0.07**	0.15**	
P- HBVC					0.92**	0.93**	0.96**	0.72**	0.66**	0.74**	0.72**	0.34**	0.36**	0.32**	0.33**	0.27**	0.27**	0.25**	0.26**	0.003NS	0.25**	
LEM- HBVC						0.81**	0.94**	0.73**	0.76**	0.72**	0.77**	0.40**	0.42**	0.36**	0.42**	0.28**	0.27**	0.24**	0.26**	-0.16**	0.26**	
LEME- HBVC							0.94**	0.68**	0.60**	0.73**	0.69**	0.27**	0.29**	0.27**	0.29**	0.21**	0.21**	0.19**	0.21**	0.12**	0.18**	
DF- HBVC								0.73**	0.72**	0.77**	0.78**	0.36**	0.38**	0.34**	0.38**	0.26**	0.25**	0.23**	0.24**	-0.02NS	0.24**	
P- HBVL									0.93**	0.94**	0.96**	0.26**	0.27**	0.23**	0.25**	0.20**	0.19**	0.18**	0.18**	-0.10**	0.16**	
LEM- HBVL										0.86**	0.95**	0.30**	0.32**	0.25**	0.31**	0.19**	0.17**	0.16**	0.16**	0.0-0.27**	0.15**	
LEME- HBVL											0.96**	0.24**	0.25**	0.22**	0.24**	0.17**	0.17**	0.16**	0.17**	0.06**	0.15**	
AF- RFPC												0.96**	0.95**	0.66**	0.74**	0.80**	0.82**	0.76**	0.80**	0.18**	0.78**	
LEM- RFPC													0.93**	0.66**	0.73**	0.77**	0.78**	0.73**	0.76**	-0.17**	0.76**	
DF- RFPC														0.71**	0.83**	0.83**	0.85**	0.79**	0.83**	-0.17**	0.82**	
P-P															0.61**	0.67**	0.97**	0.94**	0.96**	-0.14**	0.78**	
LEME- P																0.57**	0.62**	0.94**	1.00	0.98**	-0.10**	0.76**
IC- HBVL																	0.44**	0.04NS	0.03NS	0.06**	0.70**	0.03NS
DF-P																		0.60**	0.65**	0.97**	0.97**	0.79**

** : altamente significativo a una $P \leq 0.001$; HBR: hojas de brotes reproductivos (P: perímetro; LEM: longitud del eje mayor; LEME: longitud del eje menor; DF: diámetro Feret); HBVC: hojas de brotes vegetativos cortos (P: perímetro; LEM: longitud del eje mayor; LEME: longitud del eje menor; DF: diámetro Feret); RFPC: receptáculo floral mas pedicelo mas cáliz (LEM: longitud del eje mayor; DF: perímetro; LEM: longitud del eje mayor; LEME: longitud del eje menor; DF: diámetro Feret); LP: longitud del pedicelo de la flor; LR: longitud del receptáculo; P: pétalos (P: perímetro; LEM: longitud del eje mayor; D: diámetro Feret); AB-HBVL: ángulo basal; LE: longitud del estilo; AF-RFPC: área; IC-HBVL: índice de compactación.

Cuadro 5. Eigen valores y porcentaje de variabilidad que aportan los componentes principales de variables de hojas, flores y de fructificación de 98 accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.).

Componente principal	Eigen valor	Variabilidad del componente (%)	Porcentaje acumulado de la variabilidad (%)
1	22.5249	29.64	29.64
2	11.9005	15.66	45.30
3	11.0004	14.47	59.77
4	5.1453	6.77	66.54
5	3.5631	4.69	71.23
6	3.2660	4.30	75.53
7	2.0671	2.72	78.25
8	1.9316	2.54	80.79

estomática de HBR, índice de compactación de hojas de HBVC, HBR, HBVL, longitud de estomas de BR, ángulo basal de hojas de HBR, HBVC y HBVL, longitud de pecíolo de hojas de HBR, ángulo apical de hojas de HBVC y HBVL, distancia entre estomas más próximos (Cuadro 6). Estas variables en forma conjunta acumularon el 14.47 % de la variabilidad. El cuarto componente principal presentó el 6.77 % de la variabilidad (Cuadro 5), y las variables que mantuvieron fuertes relaciones con éste componente fueron: índice de redondez de hojas de HBVL, HBVC y HBR y número de estambres (Cuadro 6). El quinto componente principal captó el 4.6 % (Cuadro 5), de la variabilidad, y las variables que tuvieron fuertes relaciones con esta componente fueron: índice de alargamiento de estambres, longitud del eje menor e índice de compactación de estambres (Cuadro 6).

Las variables del primer componente principal, estuvieron altamente correlacionadas ($r \geq 0.7$), además de ser altamente significativas ($P \leq 0.01$) con dicho componente. Del componente principal 2 al 5, la correlación fue baja ($r \geq 0.5$) y altamente significativa ($P \leq 0.01$) (Cuadro 6).

Selección final de variables.

Al considerar los cinco métodos de selección de variables: análisis de varianza, coeficiente de variación, selección por pasos propuesto por (Johnson, 1998), coeficiente de correlación de Pearson, análisis de componentes principales y correlación de Pearson del análisis de componentes principales, se obtuvieron cinco grupos de

caracteres posibles para hacer caracterización de tejocote. Para el grupo uno se consideró el primer componente principal, coeficientes de variación menores al 20 %, coeficiente de correlación simple (del par de variables, se eligió una), los caracteres involucrados fueron: receptáculo floral más pedicelo más cáliz con sus variables de área, longitud de eje menor, longitud del pedicelo, longitud del receptáculo floral; hojas provenientes de brotes vegetativos cortos, de brotes reproductivos, de brotes vegetativos largos con las variables de perímetro y longitud del eje mayor; perímetro de pétalos de flor.

En el segundo grupo se consideró el segundo componente principal, coeficientes de variación menores al 20 %, coeficiente de correlación simple, los caracteres involucrados fueron los pétalos de la flor con las variables área, longitud de estilos y perímetro de los estambres. En el tercer grupo se consideró el tercer componente principal, con coeficientes de variación menores a 20 %, la selección por pasos (Johnson, 1998), coeficiente de correlación simple y los caracteres involucrados fueron: estomas en hojas reproductivas (frecuencia estomática y longitud del estoma), hojas provenientes de brotes reproductivos (índice de compactación, ángulo basal y longitud del pecíolo), hojas provenientes de brotes vegetativos cortos (índice de compactación, ángulo apical y basal), hojas provenientes de brotes vegetativos largos (índice de compactación, ángulo apical y basal).

Para el grupo cuatro se consideró el cuarto componente principal y los mismos métodos descritos con anterioridad y los caracteres fueron: número de dientes sobresalientes de hojas reproductivas, número de estambres e índice de redondez para los tres tipos de hojas. El quinto grupo y con los mismos métodos descritos, la variable incluida fue índice de compactación de estambres.

Los caracteres esenciales altamente discriminantes coincidentes en algunos frutales de la familia de las rosáceas como el membrillero, manzano, y duraznero, que corroboraron la elección de los caracteres fueron las hojas con su longitud, forma de la base, ángulo del ápice, y longitud del pecíolo de la hoja (Anónimo, 1984, Anónimo,

Cuadro 6. Vectores propios y correlaciones de variables originales en el análisis de componentes principales en la caracterización de 98 accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.).

EP	VARIABLES	ABV	Eigen-vectores del ACP					Correlaciones del ACP				
			CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Hojas de brotes reproductivos		EHR										
	Frecuencia estomática (estomas mm ⁻²)	FE	0.016	-0.063	-0.222	0.085	-0.070	0.077	-0.219	-0.735	0.193	-0.132
	Longitud del estoma (µm)	LE	-0.021	0.086	0.215	-0.036	0.054	-0.101	0.297	0.713	-0.082	0.102
	Distancia entre estomas más próximos (µm)	DEP	-0.028	0.046	0.168	-0.097	0.155	-0.133	0.157	0.556	-0.220	0.292
	Lámina foliar (cm ²)	AF	0.148	-0.158	0.083	0.074	0.005	0.701	-0.545	0.276	0.169	0.009
	Perímetro (cm)	P	0.156	-0.150	0.098	0.004	0.002	0.739	-0.518	0.326	0.009	0.003
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.157	-0.168	0.052	0.041	0.021	0.747	-0.580	0.171	0.093	0.040
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	0.147	-0.133	0.140	0.021	-0.004	0.700	-0.459	0.464	0.048	-0.007
	Índice de alargamiento	IA	0.063	-0.114	-0.230	0.051	0.063	0.297	-0.392	-0.762	0.115	0.119
	Índice de redondez	IR	-0.034	0.037	-0.059	0.332	0.020	-0.163	0.129	-0.196	0.753	0.038
	Diámetro Feret	DF	0.156	-0.152	0.094	0.047	0.006	0.739	-0.525	0.311	0.107	0.012
	Índice de compactación	IC	-0.046	0.115	0.233	0.035	-0.073	0.398	0.774	0.080	-0.138	
	Ángulo apical (grados)	AP	0.024	0.103	0.140	0.112	-0.148	0.114	0.357	0.465	0.254	-0.279
	Ángulo basal (grados)	AB	0.000	0.031	0.190	0.163	-0.026	0.002	0.106	0.630	0.370	-0.049
	Longitud del peciolo (cm)	LP	0.097	-0.130	0.173	-0.093	0.075	0.462	-0.450	0.572	-0.212	0.142
Hojas de brotes vegetativos cortos		HBVC										
	Lámina foliar (cm ²)	AF	0.162	-0.117	0.105	0.043	-0.037	0.767	-0.402	0.350	0.099	-0.069
	Perímetro (cm)	P	0.158	-0.096	0.134	-0.051	-0.047	0.748	-0.332	0.443	-0.115	-0.089
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.172	-0.134	0.050	0.001	-0.033	0.815	-0.462	0.165	0.003	-0.063
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	0.141	-0.081	0.180	0.004	-0.042	0.669	-0.278	0.598	0.010	-0.079
	Índice de alargamiento (cm)	IA	0.057	-0.095	-0.241	0.000	0.015	0.273	-0.327	-0.800	-0.001	0.028
	Índice de redondez	IR	-0.009	-0.034	-0.075	0.347	0.047	-0.043	-0.117	-0.248	0.787	0.088
	Diámetro Feret	DF	0.162	-0.111	0.123	0.016	-0.038	0.771	-0.382	0.407	0.037	-0.072
	Índice de compactación	IC	-0.055	0.105	0.239	0.058	-0.007	-0.259	0.361	0.792	0.131	-0.013
	Ángulo apical (grados)	AP	0.004	0.065	0.168	0.171	-0.019	0.019	0.223	0.557	0.387	-0.035
	Ángulo basal (grados)	AB	-0.048	0.103	0.220	0.066	-0.015	-0.229	0.355	0.730	0.149	-0.029
	Longitud del peciolo (cm)	LP	0.110	-0.111	0.120	-0.175	0.037	0.521	-0.384	0.398	-0.397	0.070
Hojas de brotes vegetativos largos		HBVL										
	Lámina foliar (cm ²)	AF	0.148	-0.168	0.075	0.049	0.037	0.703	-0.579	0.250	0.110	0.070
	Perímetro (cm)	P	0.151	-0.154	0.096	-0.054	0.028	0.718	-0.530	0.318	-0.123	0.053
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.155	-0.178	0.025	0.003	0.034	0.735	-0.614	0.082	0.008	0.064
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	0.149	-0.135	0.139	0.004	0.026	0.708	-0.467	0.462	0.010	0.050
	Índice de alargamiento	IA	0.065	-0.134	-0.216	-0.016	0.024	0.310	-0.462	-0.718	-0.036	0.046
	Índice de redondez	IR	0.000	-0.009	-0.073	0.369	0.013	0.000	-0.030	-0.242	0.837	0.024
	Diámetro Feret	DF	0.157	-0.160	0.084	0.022	0.032	0.744	-0.550	0.279	0.050	0.060
	Índice de compactación	IC	-0.058	0.131	0.224	0.084	-0.003	-0.274	0.454	0.741	0.192	-0.006
	Ángulo apical (grados)	AP	-0.007	0.099	0.182	0.127	-0.044	-0.032	0.341	0.603	0.289	-0.082
	Ángulo basal (grados)	AB	-0.050	0.094	0.203	0.136	0.037	-0.236	0.323	0.674	0.309	0.069
	Longitud del peciolo (cm)	LP	0.107	-0.150	0.119	-0.103	0.077	0.509	-0.517	0.396	-0.234	0.146
Hojas de brotes reproductivos		HBR										
	Número de dientes sobresalientes	NDS	-0.038	-0.001	0.021	-0.325	-0.179	-0.179	-0.004	0.068	-0.737	-0.338
Hojas de brotes vegetativos cortos		NV										
	Número de venas	NV	0.121	-0.104	-0.106	0.118	0.026	0.575	-0.359	-0.350	0.267	0.048
Receptáculo floral mas pedicelo mas cáliz		RFPC										
	Área (cm)	AF	0.180	0.104	-0.063	0.061	0.008	0.855	0.359	-0.209	0.139	0.015
Hojas de brotes vegetativos largos		P										
	Perímetro (cm)	P	0.177	0.123	-0.056	-0.016	0.057	0.841	0.423	-0.185	-0.037	0.107
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.179	0.113	-0.060	-0.003	0.056	0.850	0.390	-0.200	-0.006	0.107
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	0.174	0.133	-0.061	-0.003	-0.007	0.825	0.458	-0.203	-0.007	-0.013
	Índice de alargamiento	IA	0.015	-0.044	-0.002	-0.010	0.214	0.069	-0.153	-0.006	-0.024	0.404
	Índice de redondez	IR	-0.111	-0.114	0.025	0.201	-0.157	-0.526	-0.395	0.085	0.456	-0.297
	Diámetro Feret	DF	0.178	0.121	-0.067	0.048	0.006	0.847	0.417	-0.221	0.109	0.011
	Índice de compactación	IC	-0.065	-0.040	0.011	0.181	-0.189	-0.311	-0.137	0.037	0.410	-0.357
	Longitud de receptáculo mas pedicelo (cm)	LRP	0.180	0.108	-0.055	-0.001	0.061	0.852	0.371	-0.182	-0.002	0.115
	Longitud del pedicelo (cm)	LP	0.173	0.110	-0.043	-0.027	0.083	0.819	0.378	-0.142	-0.061	0.157
	Longitud del receptáculo (cm)	LR	0.174	0.088	-0.079	0.068	-0.006	0.828	0.304	-0.263	0.154	-0.011
Pétalos de la flor		AF										
	Área (cm)	AF	0.155	0.168	-0.033	-0.063	0.026	0.735	0.579	-0.108	-0.142	0.049
	Perímetro (cm)	P	0.162	0.156	-0.049	-0.075	-0.018	0.767	0.537	-0.164	-0.171	-0.034
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.159	0.165	-0.047	-0.070	0.003	0.756	0.568	-0.155	-0.158	0.006
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	0.156	0.167	-0.038	-0.069	0.020	0.739	0.576	-0.126	-0.157	0.037
	Índice de alargamiento	IA	-0.011	-0.061	-0.052	0.018	-0.114	-0.054	-0.209	-0.172	0.041	-0.215
	Índice de Redondez	IR	-0.076	0.064	0.092	0.086	0.246	-0.359	0.220	0.306	0.195	0.464
	Diámetro Feret	DF	0.156	0.170	-0.037	-0.068	0.017	0.743	0.586	-0.123	-0.153	0.031
Pétalos de la flor		IC										
	Índice de Compactación	IC	-0.032	0.045	0.100	0.038	0.153	-0.151	0.156	0.331	0.086	0.289

CUADRO 6. Continuación.

EP	VARIABLES	ABV	Eigen-vectores del ACP					Correlaciones del ACP				
			CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Estructuras de flor		FC										
	Número de pétalos por flor (cm)	NP	0.081	-0.061	-0.051	0.114	-0.043	0.385	-0.211	-0.170	0.258	-0.081
	Longitud del estilo (cm)	LE	0.144	0.164	-0.034	0.007	-0.027	0.684	0.566	-0.113	0.015	-0.051
	Número de estilo	NE	0.092	0.123	-0.041	-0.062	-0.082	0.436	0.425	-0.137	-0.141	-0.154
	Longitud de la flor (cm)	LF	0.077	-0.049	-0.043	0.115	0.085	0.365	-0.170	-0.143	0.261	0.160
	Número de estambres	NE	0.055	-0.020	-0.025	0.259	0.158	0.260	-0.068	-0.081	0.588	0.298
Estambres	Número de bracteas	NB	-0.005	0.070	-0.014	0.159	0.129	-0.022	0.241	-0.046	0.361	0.244
		ET										
	Área (cm)	AF	0.131	0.146	0.051	0.031	-0.206	0.623	0.504	0.171	0.071	-0.389
	Perímetro (cm)	P	0.136	0.155	0.027	0.044	-0.144	0.644	0.536	0.091	0.099	-0.273
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.131	0.171	0.033	0.027	-0.080	0.624	0.590	0.111	0.061	-0.152
	Longitud del eje menor (cm)	LEME	0.106	0.102	0.015	0.008	-0.341	0.503	0.351	0.051	0.018	-0.644
	Índice de alargamiento	IA-ET	0.013	0.075	0.010	-0.037	0.359	0.061	0.259	0.033	-0.085	0.678
	Índice de redondez	IR	-0.108	-0.108	0.040	-0.038	-0.170	-0.513	-0.372	0.131	-0.085	-0.321
	Diámetro Feret	DF	0.127	0.156	0.039	0.026	-0.191	0.601	0.540	0.128	0.059	-0.361
	Índice de compactación	IC	-0.070	-0.134	0.005	0.023	-0.292	-0.330	-0.461	0.015	0.051	-0.552
		FR										
Floración	Número de inflorescencias	NI	-0.065	-0.052	0.112	-0.046	0.060	-0.308	-0.178	0.371	-0.105	0.114
	Número de flores por inflorescencia	NFI	-0.035	-0.034	0.025	-0.153	0.124	-0.166	-0.118	0.084	-0.346	0.234
Amarre de fruto												
	Amarre de frutos (%)	AFTC	0.004	0.088	0.040	0.055	0.222	0.021	0.304	0.132	0.126	0.420
	Permanencia de frutos hasta madurez fisiológica (%)	PFMF	0.002	0.085	0.041	0.049	0.228	0.012	0.292	0.136	0.111	0.431

EP: estructura de la planta; ABV: abreviación; En negrita las correlaciones $r \geq 0.5$ y son altamente significativo a una $P \leq 0.001$

2002a, Anónimo, 2002b). Además, los órganos que más contribuyen en la identificación del género *Crataegus* según Phipps (1997) fueron: hojas, flores y frutos. Las características utilizadas por el mismo para la identificación de las especies fueron: longitud de hojas, tamaño de pétalos y número de estilos.

De los métodos utilizados para la selección de variables: análisis de varianza, coeficiente de variación, selección por pasos propuesto por Johnson (1998), coeficiente de correlación de Pearson, análisis de componentes principales y correlación de Pearson de las variables derivadas del análisis de componentes principales, ninguno de ellos proporcionó la confiabilidad para poder elegir las variables en forma individual, por lo que fue necesario hacer la combinación de dos o mas métodos para incrementar la certeza en la selección del conjunto de variables posibles para la realización de la caracterización.

CONCLUSIONES

De 76 variables registradas, se eligieron 31 ya que fueron los que contribuyeron a detectar la variabilidad entre las accesiones de tejocote, y los métodos que contribuyeron en la selección de dichos caracteres fueron análisis de varianza, coeficiente de variación, análisis de componentes principales y el análisis de correlaciones. Sin embargo ninguno de los métodos por si solos fueron suficientes para la elección de dichas variables.

Los caracteres discriminantes para la definición de grupos de tejocote fueron: hojas de brotes reproductivos (frecuencia estomática, longitud del estoma, número de dientes sobresalientes, perímetro, longitud del eje mayor, índice de redondez, índice de compactación, ángulo basal y longitud de pecíolo), hojas de brotes vegetativos cortos y largos (perímetro, longitud del eje mayor, índice de compactación, ángulo apical y basal), y flor (perímetro y longitud del eje mayor del receptáculo floral, longitud del pedicelo, longitud del receptáculo floral; pétalos: área, perímetro; longitud del estilo; estambres: perímetro e índice de compactación).

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO, 1984. Descriptor list for peach (*Prunus persica*). International Board for Plant Genetic Resources (IPGRI). SELLINI, E.; WATKIN R.; POMARICI, E. (eds.). Rome, Italy. 34 p.
- ANÓNIMO. 1995. Descriptores para aguacate (*Persea* spp). Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI). Rome, Italy. 54 p.
- ANÓNIMO, 2002a. Working paper of draft test guidelines for quince (*Cydonia* Mill. *sensu stricto*). International Union for Protection of New Varieties of Plants (UPOV). San Carlos Bariloche, Argentina. 25 p.
- ANÓNIMO, 2002b. Working paper on draft test guidelines for apple (*Malus* Mill). International Union for Protection of New Varieties of Plants (UPOV). San Carlos Bariloche, Argentina. 45 p.
- BIGNAMI, C.; PAOLOCCI, M.; SCOSSA, A.; BERTAZZA, G. 2003. Preliminary evaluation of nutritional and medicinal components of *Crataegus azarolus* fruits. Acta Hort. 597: 95-100.
- BERNÁTH, J. 1999. Introduction and cultivation of traditional and new medicinal and aromatic plant crops in Hungary. Acta Hort. 344: 238-248.
- BORYS, M. W. 1989. Valor ecológico del tejocote (*Crataegus* spp.). Congreso de Ecología " La Era Ecológica". Puebla, Puebla. pp. 11-124.
- BORYS, M. W. 1996. Valores del Tejocote (*Crataegus* spp.): diversificación de caracteres. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 51-84.

- BORYS, M. W.; LESZCZŃSKA-BORYS, H. 1994. Tejocote (*Crataegus* spp.) plantas para solares, macetas e interiores. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2: 95-107.
- EASTMENT, H. T.; KRZANOWSKI W. J. 1982. Cross-validators choice of the number components from a principal component analysis. *Technometrics* 24(1): 73-77.
- FRANCO, T. L.; HIDALGO, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. FRANCO, T. L.; HIDALGO, R. (eds.). Boletín Técnico Num. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Edit. UNAM. D. F., México. 210 p.
- GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. 2001. Caracterización morfológica. pp 199-217. *In*: Conservación y Caracterización de Recursos Filogenéticos. GONZÁLEZ-ANDRÉS F.; PITA VILLAMIL, J. M. (eds.). Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola (INEA). Valladolid, España.
- JOLLIFFE, I. T. 1973. Discarding variables in a principal components analysis. I: Artificial data. *Applied Statistics Journal of the Royal Statistical Society* 21: 21-31.
- JOHNSON, D. E. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Traducido al español por H. PÉREZ CASTELLANOS. International Thomson Editores. D. F., México. 566 p.
- HIGAREDA R., A.; SALAZAR M., J. A.; RAMOS R., G. E. 1995. Caracterización de la pectina de tejocote. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 1(4): 47-52.

- LÓPEZ J. A.; HIDALGO M., D. 2003. Análisis de componentes principales y análisis factorial, pp. 473-503. *In*: ATO, M.; LÓPEZ J. J. (eds.). Fundamentos de estadística con Systat. Addison Wesley Iberoamericana. Cali, Colombia.
- MARTÍNEZ G., A. 1994. Experimentación Agrícola: Métodos Estadísticos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 110 p.
- NIETO-ÁNGEL., R.; BORYS, M. W. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México. pp. 309-329. *In*: Avances en el Estudio de los Recursos Filogenéticos en México. ORTEGA P., R.; PALOMIO H., G.; CASTILLO G., F; GONZÁLEZ H., V. A.; LIVERA M., M (eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI), Chapingo, México.
- NIETO-ÁNGEL R.; ORTIZ, J.; GONZÁLEZ-ANDRÉS, F.; BORYS, M. W. 1997. Endocarp morphology as an aid for discriminanting wild and cultivated Mexican hawthorn (*Crataegus mexicana* Moc and Sessé. *Fruits*, 52(5): 317- 324.
- NIETO-ÁNGEL, R.; BORYS, M. W. 1999. Relaciones fisiológicas y morfológicas de injertos frutales sobre tejocote (*Crataegus* spp.) como portainjerto. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(2): 137-150.
- PHIPPS, J. B. 1997. Monograph of Northern Mexican *Crataegus* (Rosaceae, Subfam. Maloideae). The University of Western Ontario. Department of Plant Sciences. Ontario, Canada. 93 p.
- QUEROL L., D. 1988. Recursos Genéticos, Nuestro Tesoro Olvidado. Editorial Industrial grafica S. A. Lima Perú. 78 p.
- RADUŠIENÉ, J. 2004. Trade, use and conservation of medicinal and aromatic plants in Lithuania. *Acta Hort.* 629: 31-37.

III. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE HOJAS Y FLORES DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE HOJAS Y FLORES DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

J. López-Santiago¹; R. Nieto-Ángel¹; A. F. Barrientos-Priego¹; J. E. Rodríguez-Pérez¹; M. T. Colinas-Leon¹; F. González-Andrés²

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Texcoco, Estado de México, 56230. México. Correo-e: losaju@correo.chapingo.mx.

² Departamento de Ingeniería Agraria, Universidad de León. León, España.

RESUMEN

Con el propósito de caracterizar 98 accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, con procedencias del estado de Chiapas, Puebla y Estado de México, en el año 2002 fueron evaluadas 21 caracteres de hojas y 10 caracteres de flor para realizar la caracterización. Se aplicaron análisis multivariados de agrupamiento y discriminante canónico. Se obtuvieron cuatro grupos, de ellos los dos primeros con mayoría de accesiones de Chiapas, el grupo tres con accesiones de Puebla y Estado de México, en partes prácticamente iguales, y el grupo 4 con accesiones de los tres orígenes, aunque mayormente de Puebla. Las variables más importantes para caracterizar estos grupos de tejocote fueron: longitud del eje mayor para los tres tipos de hojas, y perímetro para hojas de brotes reproductivos y hojas de brotes vegetativos cortos, el receptáculo floral (perímetro, longitud del pedicelo y longitud del receptáculo floral), pétalos (perímetro) y longitud del estilo de la flor.

PALABRAS CLAVES ADICIONALES: Análisis de agrupamiento, método de Ward, análisis discriminante canónico

ABSTRACT

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF LEAVES AND FLOWERS OF HAWTHORN (*Crataegus* spp.)

With the aim of characterizing 98 hawthorn accessions (*Crataegus* spp.) of the Germoplasm Bank of the Universidad Autonoma Chapingo, that have their origins the state of Chiapas, Puebla and State of Mexico. In the year 2002, 21 variables of leaves and 10 flower characters were evaluated to carry out the characterization. Cluster analysis and canonical discriminant analysis were carried out. Four groups were obtained, of them both first with majority of accesions of Chiapas, the group 3 with accesions of Puebla and State of Mexico, in practically same parts, and the group 4 with accesions of the three origins, although mostly of Puebla. The most important variables to characterize these hawthorn groups were: longitude of the largest axis for the three types of leaves, and perimeter for leaves of reproductive shoots and leaves of short vegetative shoots, the floral receptacle (perimeter, length of the pedicel and length of the floral receptacle), petals (perimeter) and length of the style of the flower.

ADDITIONAL KEY WORDS: cluster analysis, Ward' method, canonical discriminant analysis.

INTRODUCCIÓN

La caracterización del germoplasma representa una actividad importante para las colecciones de frutales que se conservan *ex situ* (Anónimo, 2002).

La conservación del germoplasma no debe limitarse a su mantenimiento en campo, sino que debe utilizarse con fines de investigación, enseñanza y promoción (Anónimo, 2002). Con la caracterización se extrae una serie de características cuantitativas y cualitativas, que permiten obtener información muy valiosa sobre la variabilidad existente, la cual puede ser utilizada en programas de selección y mejoramiento (González-Andrés, 2001; Sheldeman *et al.*, 2004), en sistemática, identificación, gestión de bancos de germoplasma, definición de variedades comerciales (González-Andrés, 2001).

La caracterización se puede realizar en diferentes formas. Es muy común la caracterización morfológica o fenotípica en la cual se evalúan datos de las características morfológicas de la planta. El uso de un descriptor facilita mucho este proceso y al mismo tiempo permite una homogenización de los datos, facilitando en el futuro la comparación con datos tomados en otros sitios. Otro tipo de caracterización es la química o bioquímica, es típico cuando hay un interés particular en un componente medicinal o bioquímico (ejemplo vitaminas, enzimas, etc.) (González-Andrés, 2001; Sheldeman *et al.*, 2004).

La caracterización morfológica o química de plantas en su ambiente (caracterización *in situ*) no puede diferenciar entre la expresión genética y la influencia del ambiente (clima, suelo, manejo, etc.). Muchas veces las condiciones ambientales (por ejemplo falta de agua) tienen su influencia en las características morfológicas o químicas. Para evitar el efecto genotipo x ambiente es aconsejable establecer campos de colecciones y realizar la caracterización *ex situ*. El establecimiento de múltiples colecciones *ex situ* permitirá estudiar el efecto ambiental (Sheldeman *et al.*, 2004).

Otra ventaja del establecimiento de colecciones *ex situ* es que facilita la evaluación agronómica, la cual consiste en la descripción de las características agronómicas como rendimientos y susceptibilidad a plagas y enfermedades. Los resultados de la evaluación también pueden utilizarse para futuros trabajos de selección y fitomejoramiento.

Otra alternativa es la caracterización genética, que ha ganado mucho interés en los últimos años. Las ventajas son múltiples: analizando los genes se evita cualquier interacción con el ambiente y en casos de interés en clasificación taxonómica se puede directamente estudiar la filogenia. Existen muchas técnicas y cada día se desarrollan otras más. La técnica más sencilla es el análisis de isoenzimas, en la cual se examina el producto final, las proteínas enzimáticas de la expresión de los genes. Otras técnicas moleculares incluyen RAPD, RFLP, AFLP, microsatélites y como técnica más compleja (y más costosa) se tiene la de secuenciar fragmentos del ADN (Karp *et al.*, 1997). La desventaja de estas técnicas son los costos elevados y la necesidad de un laboratorio bien equipado (Karp *et al.*, 1997; González-Andrés, 2001).

México, considerado como uno de los posibles centros de origen del género *Crataegus* (Phipps, 1983) y por presentar una amplia variabilidad fenotípica, y los múltiples usos que tiene el tejocote, se requiere tener su identidad genética. La metodología para la caracterización e identificación de las variedades de frutales desde el punto de vista legal se basa en el estudio de los caracteres pomológicos (morfológicos y agronómicos), dicha metodología es de gran importancia desde diferentes puntos de vista: a) en mejora genética, b) para los organismos oficiales que deben admitir un determinado material en el registro de nuevas variedades (SNICS para México), c) para el obtentor, pues si su material está inequívocamente identificado, lo tendrá protegido de posibles hurtos, y d) para el fruticultor que, cuando instala su nueva plantación, estará seguro de que lo que adquiere es la variedad que desea. Cualquier método que se utilice con fines de identificación es preciso que se base en caracteres suficientemente estables, que dichos caracteres sean suficientemente discriminantes

como para diferenciar el material próximo desde el punto de vista genético (Royo-Díaz *et al.*, 1994).

Phipps (1997), trabajo con 171 accesiones de tejocote, los midió por triplicado, generó 513 OTUs, usó 50 caracteres en fruto y 44 caracteres en flor para realizar un análisis morfométrico. Realizó análisis de agrupamiento, análisis de componentes principales (ACP) y pruebas exploratorias para exponer y validar la estructura de sus grupos. Obtuvo que casi todo los taxa postulados se diferenciaron perfectamente de este modo, los juegos grandes de caracteres suelen realzar la solidez de los resultados. Algunas de las separaciones menos claras fueron hechas mediante análisis de complementarios cuando uso únicamente aquellas características con valores altos de los vectores propios del análisis de componentes principales. Sin embargo, en ningún caso se requirieron menos de 17 caracteres para separar los taxa reconocidos finalmente.

En la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- 1) Caracterizar 98 accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo (*Crataegus* spp.) mediante caracteres morfológicos de hojas y flores para contribuir al conocimiento del género *Crataegus*.
- 2) Caracterizar las accesiones presentes en el Banco de Germoplasma de tejocote, con base en los lugares de recolección.
- 3) Contribuir al conocimiento del género *Crataegus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica y características del Banco de Germoplasma de Tejocote

La presente investigación se realizó en el Banco de Germoplasma de Tejocote, el cual se encuentra ubicado en el lote Lomas de San Juan, del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, México, localizado geográficamente a los 19° 29' de Latitud Norte y a 98° 53' de Longitud Oeste

y a altitud de 2250 m. El clima del sitio es C(Wo) (w)b (i'), que corresponde a templado moderadamente lluvioso y el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano; con temperatura media del mes más cálido de 17.5 °C (mayo) y de 11.6 °C del mes más frío (enero) y temperatura media anual de 17.8 °C. La precipitación media anual es de 644.8 mm, con promedio de 96 días de lluvia; la máxima lluvia durante el mes de julio y la mínima en enero; la evaporación potencial varía de los 900 a los 2300 mm al año (García, 1988).

Material vegetal.

Se consideraron 98 accesiones de tejocote (Acc.) del Banco de Germoplasma (Cuadro 1), provenientes de México colectados en los Estados de México, Puebla y Chiapas. Los árboles fueron establecidos de 1984 a 1985 e injertados en 1985 y 1986, sobre portainjertos de tejocote provenientes del Estado de México (Acc. 1 al 45), Puebla (Acc. 54, 55, 62, 63, 91-96) y Chiapas (Acc. 46-53, 56-58, 60-66, 91); los portainjertos del estado de Chiapas fueron obtenidos a través de estacas de raíz y, los del Edo. de México y Puebla de semilla. Los árboles se encuentran establecidos a distancia de 3.0 m entre árboles y de 4.0 m entre hileras. Las accesiones del una al 66 tienen de tres a siete repeticiones; las accesiones del 67 al 100 solo están representados por un ejemplar (Cuadro 1).

La evaluación de variables de fructificación, se realizó en cuatro árboles homogéneos por accesión y de cada árbol se seleccionaron dos ramas de un año, una en posición norte y la otra posición sur. De las accesiones con solo un árbol se utilizaron cuatro ramas del lado norte y cuatro del lado sur.

Flores.

Se colectaron 50 flores con pedicelo por accesión, de éstas se utilizaron 10 y en el laboratorio se seccionaron en pétalos, estambres, estilos y receptáculo floral (incluyó al receptáculo floral, pedicelo, cáliz).

Hojas.

Se eligieron 20 hojas de cada uno de los tres tipos de brotes: vegetativos cortos (menor de 7.0 cm de longitud), vegetativos largos (mayor de 7.0 cm de longitud) y reproductivos, ubicadas en la parte media de los árboles por accesión. En cada brote fue seleccionada la quinta o sexta hoja desarrollada a partir de la base, esto con la finalidad de utilizar las hojas maduras.

Preparaciones de estomas de hojas de brotes reproductivos.

Se utilizaron de cinco a ocho hojas provenientes de brotes reproductivos, con la finalidad de obtener impresiones de los estomas, para ello se colocó silicón dental (Exactoden®) en una caja petri en aproximadamente 1 cm², se agregó de dos a cuatro gotas de activador (Exactoden®), se mezcló con espátula hasta homogenizar la mezcla, esta se aplicó en la parte media de la hoja y se secó de tres a cinco minutos para obtener impresiones epidérmicas en el silicón. Posteriormente sobre el silicón dental se aplicó barniz de uñas transparente (Natural Wonder®), transcurrido dos minutos se desprendió el barniz. Se colocaron de cinco a ocho muestras secas de barniz en un portaobjetos por accesión, finalmente se colocó un cubreobjetos el cual fue sellado con barniz.

Digitalización de estomas.

Con un microscopio óptico (Carl Zeiss, Alemania) provisto de una cámara de vídeo de alta resolución integrado a la computadora mediante una tarjeta externa GlabIT Pro, se digitalizaron fotografías de los estomas con un objetivo de 40X y ocular 10X (área de 201.9220 µm²). Cada preparación, integrada por cinco a ocho hojas, representó una accesión de tejocote, se tomaron 10 campos por hoja, (50 campos por accesión), se consideraron 98 accesiones, dando un total de 4900 imágenes.

Digitalización de flores y hojas.

Mediante el empleo de un “escáner”, se digitalizaron imágenes, con el programa PhotoImpact, de flor y sus estructuras y, los tres tipos de hojas (por tipo de hojas: 15 por el haz y 5 por envés).

Caracteres evaluados. Con la finalidad de caracterizar a las accesiones de tejocote del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, López-Santiago *et al.* 2004 realizaron una la selección de caracteres discriminantes, fueron seleccionadas 31 de 76 variables registradas.

A partir de las imágenes digitalizadas de hojas, estomas y flores, se realizó la medición mediante el programa Image Tool versión 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002) de los siguientes caracteres (Cuadro 2): Frecuencia estomática (estomas·mm⁻²), los estomas que aparecían en una proporción mayor que 50 % de su tamaño total; longitud del estoma (µm), se usó de referencia los extremos distales; distancia entre estomas más próximos (µm); área de pétalos, receptáculo floral (cm²); perímetro de lámina foliar, pétalos; longitud del eje mayor de lámina foliar, receptáculo floral (cm), que corresponde con la longitud de la línea más larga que puede dibujarse dentro del objeto; índice de redondez de lámina foliar, esta variable presenta valores de 0 (forma alargada) a 1 (forma circular), calculado con la ecuación: $IR = \frac{4 \cdot \pi \cdot \text{área}}{\text{perímetro}}$; índice de compactación de

lámina foliar y estambres, su valor es entre 0 y 1, cuando el valor se acerca a 1, la hoja se aproxima a lo redondo, y viceversa, la estructura es menos redondo, fue calculado

con la ecuación: $IC = \sqrt{\frac{(4 \cdot \text{área}) \cdot \text{longitud eje mayor}}{\pi}}$; ángulo apical de la hoja (grados);

ángulo basal de la hoja (grados); Longitud del pecíolo de la hoja (cm); número de dientes sobresalientes de la lamina de la hoja de hojas brotes reproductivos; longitud del pedicelo de la flor (cm); longitud del receptáculo floral (cm); longitud del estilo de la flor (cm); número de estambres por flor.

Análisis estadístico

El análisis estadístico consistió en la aplicación de técnicas de análisis multivariado: Lo primero fue realizar un análisis discriminante canónico utilizando al origen como variable clasificatoria; se realizó análisis de agrupamiento para la generación de grupos de genotipos y un análisis discriminante canónico para la corroboración de esta agrupación y determinación de variables responsables de esta.

Cuadro 1. Accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) y sus orígenes, del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

ACC. NÚM.	CÓDIGO	ORIGEN	REGISTRO	ACC. NÚM.	CÓDIGO	ORIGEN	REGISTRO
1	CH-20B	Chiapas	20B de Chiapas	51	CH-49	Chiapas	49 de Chiapas
2	CH-26	Chiapas	26 de Chiapas	52	CH-52	Chiapas	52 de Chiapas
3	CH-10	Chiapas	10 de Chiapas	53	CM	España	<i>Crataegus Monogyna</i> (España)
4	CH-9	Chiapas	9 de Chiapas	54	P54	Puebla	54 de Puebla
5	CH-25	Chiapas	25 de Chiapas	55	P55	Puebla	55 de Puebla
6	CH-20	Chiapas	20 de Chiapas	56	P56	Puebla	56 de Puebla
7	CH-30B	Chiapas	30B de Chiapas	57	EM57	México	57 del Estado de México
8	CH-17	Chiapas	17 de Chiapas	58	EM58	México	58 del Estado de México
9	CH-23	Chiapas	23 de Chiapas	59	CH59	Chiapas	59 de Chiapas
10	CH-16	Chiapas	16 de Chiapas	60	P60	Puebla	60 del Estado de Puebla
11	P11	Puebla	11 de Puebla	61	EM61	Puebla	61 del Estado de Puebla
12	CH-30	Chiapas	30 de Chiapas	62	EM62	México	62 del Estado de México
13	CH-22	Chiapas	22 de Chiapas	63	EM63	México	63 del Estado de México
14	CH-32	Chiapas	32 de Chiapas	64	EM64	Puebla	64 de Puebla
15	CH-37	Chiapas	37 de Chiapas	65	EM65	México	65 del Estado de México
16	CH-36	Chiapas	36 de Chiapas	66	EM66	México	66 del Estado de México
17	CH-27	Chiapas	27 de Chiapas	67	CH67	Chiapas	67 de Chiapas
18	CH-30 C	Chiapas	30C de Chiapas	68	CH68	Chiapas	68 de Chiapas
19	CH-39	Chiapas	39 de Chiapas	69	CH69	Chiapas	69 de Chiapas
20	CH-40	Chiapas	40 de Chiapas	70	CH70	Chiapas	70 de Chiapas
21	CH-31	Chiapas	31 de Chiapas	71	CH71	Chiapas	71 de Chiapas
22	CH-38	Chiapas	38 de Chiapas	72	CH72	Chiapas	72 de Chiapas
23	CHPA	Chiapas	Chiapas, portainjerto A	73	CH73	Chiapas	73 de Chiapas
24	CP5	Puebla	5 Calpan, Puebla	74	CH74	Chiapas	74 de Chiapas
25	CP28	Puebla	28 Calpan, Puebla	75	CH75	Chiapas	75 de Chiapas
26	CP4	Puebla	4 Calpan, Puebla	76	CH76	Chiapas	76 de Chiapas
27	CH-31B	Chiapas	31B de Chiapas	77	CH77	Chiapas	77 de Chiapas
28	SPT	México	San Pablo, Texcoco	78	CH78	Chiapas	78 de Chiapas
29	BAT B	México	Batán B	79	CH79	Chiapas	79 de Chiapas
30	CP4B	Puebla	4B Calpan, Puebla	80	CH80	Chiapas	80 de Chiapas
31	CP1	Puebla	1 Calpan, Puebla	81	CH81	Chiapas	81 de Chiapas
32	BAT A	México	Batán A	82	CH82	Chiapas	82 de Chiapas
33	HPC13	Puebla	13 Huejotzingo, Cultivado	83	CH83	Chiapas	83 de Chiapas
34	SNTPB	México	San Nicolás Tlaminas. Portainjerto B	84	CH84	Chiapas	84 de Chiapas
35	CH-43	Chiapas	43 de Chiapas	85	CH85	Chiapas	85 de Chiapas
36	SPI-2	México	2 de San Pablo Ixayoc	86	P86	Puebla	86 de Puebla
37	EM37	México	37 del Estado de México	87	P87	Puebla	87 de Puebla
38	SNT-C	México	San Nicolás Tlaminas. Cultivado	88	CH88	Chiapas	88 de Chiapas
39	SNT-P	México	San Nicolás Tlaminas. Portainjerto	89	CH89	Chiapas	89 de Chiapas
40	SPI-1	México	1 de San Pablo Ixayoc	90	MICHP90	Michoacan	28 de Michoacan
41	SNTC48	México	48 de San Nicolás Tlaminas.	91	P91	Puebla	91 de Puebla
42	CH10P	Chiapas	10 de Chiapas. Portainjerto	92	P92	Puebla	92 de Puebla
43	CHPB	Chiapas	Chiapas, Portainjerto B	93	P93	Puebla	93 de Puebla
44	CH-42	Chiapas	42 de Chiapas	94	P94	Puebla	94 de Puebla
45	HPC14A	Puebla	14A de Huejotzingo, Puebla. Cultivado	95	P95	Puebla	95 de Puebla
46	CP-B	Puebla	B de Calpan, Puebla	96	P96	Puebla	96 de Puebla
47	HP14B	Puebla	14B de Huejotzingo, Puebla	97	EM97	México	97 del Estado de México
48	HPC15	Puebla	15 de Huejotzingo, Puebla. Cultivado	98	P98	Puebla	98 de Puebla
49	PT	México	Pecoso de Tlaminas	99	CH99	Chiapas	99 de Chiapas
50	PT-12	México	12 Pecoso de Tlaminas	100	HPC100	Puebla	100 de Huejotzingo, Puebla; Cultivado

ACC. NÚM: Accesiones número.

Cuadro 2. Variables evaluadas para la caracterización de hojas y flores de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

EP	CARACTERES	ABV	EP	CARACTERES	ABV
	Hojas de brotes reproductivos	EHR		Hojas de brotes reproductivos	HBR
	Frecuencia estomática (estomas mm ⁻²)	FE		Número de dientes sobresalientes	NDS
	Longitud del estoma (µm)	LE		Receptáculo floral	RFPC
	Perímetro (cm)	P		Área (cm ²)	A
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM		Longitud del eje mayor (cm)	LEM
	Índice de redondez	IR		Longitud del pedicelo (cm)	LP
	Índice de compactación	IC		Longitud del receptáculo (cm)	LR
	Ángulo basal (grados)	AB		Pétalos de la flor	P
	Longitud del peciolo (cm)	LP		Área	A
	Hojas de brotes vegetativos cortos	HBVC		Perímetro (cm)	P
	Perímetro (cm)	P		Estructuras de flor	FC
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM		Longitud del estilo (cm)	
	Índice de redondez	IR		Estambres	ET
	Índice de compactación	IC		Número	NE
	Ángulo apical (grados)	AP		Perímetro (cm)	P
	Ángulo basal (grados)	AB		Índice de compactación	IC
	Hojas de brotes vegetativos largos	HBVL			
	Perímetro (cm)	P			
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM			
	Índice de redondez	IR			
	Índice de compactación	IC			
	Ángulo apical (grados)	AP			
	Ángulo basal (grados)	AB			

EP: estructura de la planta; ABV: Abreviación

Análisis de agrupamiento

Con las variables seleccionadas, se realizó un análisis de agrupamiento mediante la distancia euclidiana y el método de aglomeración de Ward con el procedimiento Cluster de SAS versión 8. En dicho método se consideraron las varianzas mínimas entre los agrupamientos, y se generó un dendrograma jerárquico; la altura de corte del dendrograma jerárquico para la conformación de grupos fue definida mediante la pseudoestadística t^2 de Hotelling (PST2).

Análisis discriminante canónico

Con el fin de validar las agrupaciones, fueron realizados dos análisis discriminantes canónicos, con el procedimiento Discrim de SAS versión 8 uno utilizando como variable clasificatoria los grupos propuestos por el análisis de agrupamiento y otro el origen de las accesiones. Las accesiones fueron representadas gráficamente en las dos primeras funciones canónicas y corroborada su agrupación por el análisis de resubstitución.

También fueron calculadas las distancias de Mahalanobis entre grupos, para determinar si existen diferencias entre ellos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Análisis discriminante canónico para lugares de procedencia del tejocote.

Este análisis determinó que únicamente dos funciones canónicas describieron el 100 % de la variabilidad total entre orígenes de tejocote (Cuadro 3); la primera función canónica aporta el 69.97 % de varianza y la segunda el 30.03 % restante.

Cuadro 3. Valores propios de funciones canónicas de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo de acuerdo a su lugar de procedencia.

Función Canónica	Valor propio	Varianza aportada (%)	Varianza acumulada (%)	Pr > F
FC1	2.8732	69.97	69.97	<0.0001 ***
FC2	1.2332	30.03	100	0.0012 ***

La estructura canónica total (Cuadro 4) que representa las correlaciones lineales entre las funciones canónicas generadas con las variables originales, determinaron que la función canónica 1 (FC1) las variables que mejor la explican son: frecuencia estomática de brotes reproductivos (0.66), el índice de compactación de hojas de brotes reproductivos y vegetativos cortos y largos (-0.72, -0.76 y -0.74, respectivamente) y los ángulos basales de brotes vegetativos cortos y brotes vegetativos largos (-0.74 y -0.63, respectivamente) (Cuadro 4).

Con respecto a la FC2, los caracteres que mejor explican esta función fueron: longitud del eje mayor y perímetro de hojas de brotes vegetativos cortos (0.36 y 0.32, respectivamente) y longitud del estilo de la flor (0.20) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estructura canónica total de las funciones canónicas de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo de acuerdo a su lugar de procedencia.

EP	VARIABLES	ABV	Estructura canónica total	
			FC1	FC2
Hojas de brotes reproductivos		EHR		
	Frecuencia estomática (estomas: mm ⁻²)	FE	0.661	0.169
	Longitud del estoma (µm)	LE	-0.548	-0.140
	Perímetro (cm)	P	0.306	0.091
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.445	0.112
	Índice de redondez	IR	0.188	0.191
	Índice de compactación	IC	-0.715	-0.024
	Ángulo basal (grados)	AB	-0.325	0.051
Hojas de brotes vegetativos cortos	Longitud del peciolo (cm)	LP	-0.055	-0.035
		HBVC		
	Perímetro (cm)	P	0.071	0.319
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.357	0.364
	Índice de redondez	IR	0.377	0.014
	Índice de compactación	IC	-0.762	-0.113
	Ángulo apical (grados)	AP	-0.254	-0.026
	Ángulo basal (grados)	AB	-0.741	-0.059
Hojas de brotes vegetativos largos		HBVL		
	Perímetro (cm)	P	0.285	0.179
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.506	0.188
	Índice de redondez	IR	0.374	0.046
	Índice de compactación	IC	-0.742	-0.048
	Ángulo apical (grados)	AP	-0.388	-0.006
	Ángulo basal (grados)	AB	-0.628	-0.094
	Hojas de brotes reproductivos		HBR	
Número de dientes sobresalientes		NDS	-0.241	-0.138
Receptáculo floral mas pedicelo mas cáliz		RFPC		
	Área (cm ²)		0.471	0.167
	Longitud del eje mayor (cm)		0.410	0.166
	Longitud del pedicelo (cm)		0.330	0.145
	Longitud del receptáculo (cm)		0.507	0.162
Pétalos de la flor		P		
	Área	A	0.210	-0.016
	Perímetro (cm)	P	0.244	0.037
Estructuras de flor		FC		
	Longitud del estilo (cm)		0.215	0.201
Estambres		ET		
	Número		0.314	0.035
	Perímetro (cm)		-0.008	0.108
	Índice de compactación		0.070	0.165

EP: parte de la planta; ABV: Abreviación FC1 y FC2: Funciones canónicas 1 y 2

En la Figura 1 se representan a las accesiones de acuerdo a sus lugares de procedencia con las dos funciones canónicas. Se observa que las accesiones provenientes del estado de Chipas están distribuidas principalmente en el cuadrante negativo de la FC1, lo anterior indica que estas accesiones se caracterizan por tener una baja frecuencia estomática, tendencia hacia hojas redondas, y por lo tanto mayor ángulo basal de hojas de brotes vegetativos cortos y largos, lo que se puede interpretar como características de rusticidad, situación contraria para las accesiones de Puebla y

del Estado de México. Las accesiones de estos últimos dos orígenes se diferencian por la segunda función canónica, es decir las accesiones de Puebla presentan hojas y estilos más pequeños, caso contrario a las del Estado de México.

En el Cuadro 5, se muestra que algunas las accesiones consideradas por su lugar de procedencia, que por sus características presentan mayor parecido con accesiones de otro lugar de origen, como es el caso de las accesiones 51, 67 y 84 provenientes del estado de Chiapas, que fueron reclasificadas, las dos primeras con caracteres similares a las originarias del estado de Puebla y la tercera similar a las del Estado de México. Mismo caso el de la accesión 50 del Estado de México, que es clasificada junto con las accesiones de Chiapas. En el grupo de accesiones provenientes de Puebla entraron dos, la accesión 51 del estado de Chiapas y la accesión 97 del Estado de México. Para el caso de accesiones de Puebla se tiene clasificada a la accesión 25 como originaria de Chiapas y a la accesión 48 como originaria del Estado de México, lo anterior se atribuye a un nivel de similitud entre estas accesiones en sus caracteres evaluados, con las de la mayoría de las accesiones con su centro de origen bien definido.

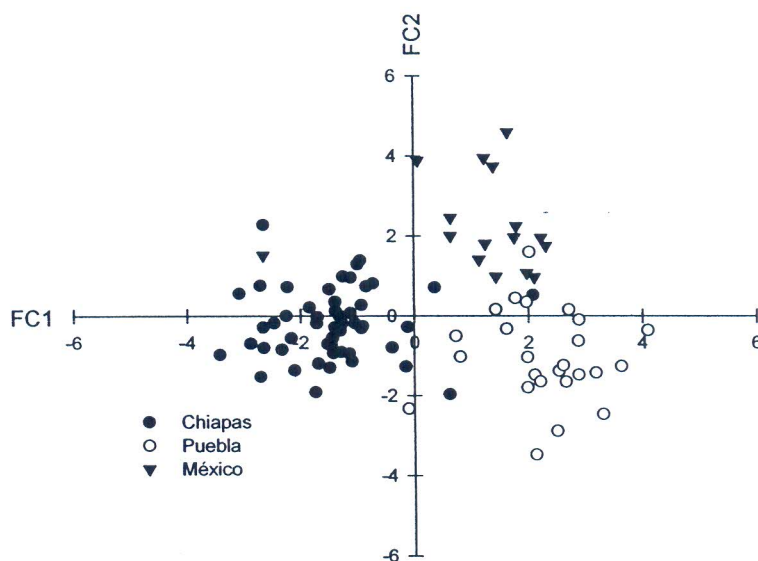


Figura 1. Representación de accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) de acuerdo a su lugar de procedencia, en el primer plano factorial de las dos primeras funciones canónicas.

Las distancias de Mahalanobis (Cuadro 6), entre orígenes dieron diferencias estadísticamente significativas, lo cual da contundencia de que las agrupaciones por lugares de procedencia es correcta, y se asume que las variables seleccionadas no están repetidas y que son las más importantes.

Cuadro 5. Análisis de resubstitución y probabilidad de las accesiones de tejocote de estar mal agrupadas de acuerdo a su lugar de procedencia.

Lugares de procedencia		Chiapas	Puebla	Estado de México	Total
Chiapas	Número de accesiones	49	2	1	52
	Probabilidad (%)	94.23	3.85	1.92	100
Puebla	Número de accesiones	1	23	1	25
	Probabilidad (%)	4.00	92.00	4.00	100
Estado de México	Número de accesiones	1	0	15	16
	Probabilidad (%)	6.25	0.00	93.75	100

Cuadro 6. Distancias de Mahalanobis de los tres lugares procedencia de tejocote para las variables de estomas, flores, y hojas de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

Lugares de procedencia	Chiapas	Puebla	Estado de México
Chiapas	---	5.228	3.427
Puebla	<0.0001**	---	2.524
Estado de México	<0.0001**	<0.0011**	---

** : Altamente significativo con $P \leq 0.001$

b) Análisis de agrupamiento

En la Figura 2 se presenta el dendrograma jerárquico obtenido mediante los cuadrados de distancias euclidianas y el método de Ward. A partir de la pseudoestadística t^2 de Hotelling (Figura 3), se muestra una altura de corte con cuatro grupos ya que en este punto donde disminuyó la variabilidad intragrupo en forma significativa, lo cual indica que el número de grupos es el correcto.

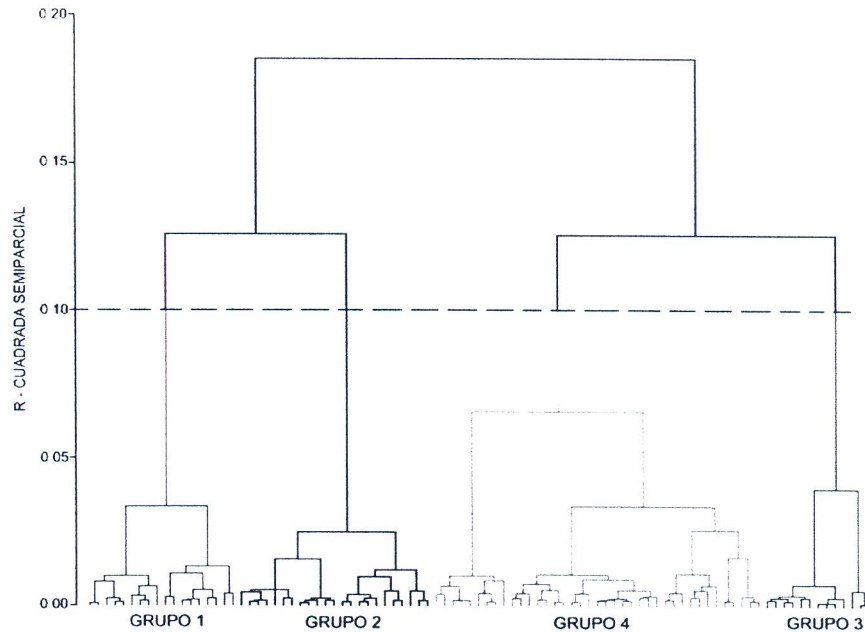


Figura 2. Dendrograma jerárquico de 93 accesiones de tejocote por características seleccionadas de hojas, flores y componentes de fructificación, mostrando la altura de corte (R^2) que indica la formación de cuatro grupos.

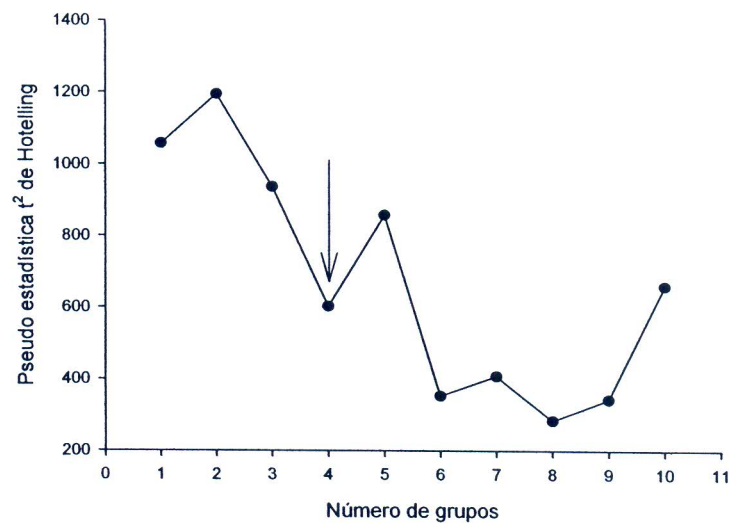


Figura 3. Pseudoestadística t^2 de Hotelling, como prueba de corte del dendrograma de accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) con variables seleccionadas de hojas y flores.

En el Cuadro 7, se presenta la conformación de los cuatro grupos, además de la frecuencia por grupos y su proporción dentro de la población estudiada.

Cuadro 7. Agrupamientos obtenidos de accesiones de tejocote con variables seleccionadas de estomas, hojas y flores.

Grupos	Frecuencia	Accesiones	Porcentaje de acuerdo a su origen (%)		
			Chiapas	Puebla	México
1	18	1, 6, 9, 88, 89, 4, 5, 35, 17, 2, 3, 7, 8, 10, 73, 83, 57, 59	94.4	0.0	5.6
2	23	12, 15, 21, 27, 76, 22, 23, 68, 70, 69, 75, 80, 13, 16, 14, 18, 85, 50, 77, 84, 20, 52, 81	95.7	0.0	4.3
3	13	24, 38, 48, 51, 41, 49, 28, 40, 36, 33, 54, 86, 100	0.0	46.2	53.8
4	39	19, 43, 42, 47, 78, 25, 71, 79, 72, 26, 45, 46, 29, 31, 62, 62, 30, 44, 60, 37, 96, 93, 94, 97, 64, 92, 95, 32, 66, 34, 55, 67, 65, 56, 58, 61, 74, 82, 99	30.8	48.7	20.5

c) Análisis discriminante canónico

Con la finalidad de corroborar las agrupaciones del dendrograma sugerida por la pseudoestadística t^2 de Hotelling, se realizó un análisis discriminante canónico; en este se determinó que tres funciones canónicas fueron altamente significativas, representaron 49, 32 y 19 % de la varianza aportada, para cada función canónica (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores propios y porcentaje de varianza que aportan las funciones canónicas de variables de hojas y flores de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

Función Canónica	Valor Propio	Varianza aportada (%)	Varianza acumulada (%)	Pr > F
FC 1	8.748	49.35	49.35	<0.0001**
FC 2	5.635	31.79	81.14	<0.0001**
FC 3	3.342	18.86	100	<0.0001**

**altamente significativo $P \leq 0.01$

Para la FC 1, las variables que más contribuyeron con valores altos fueron longitud del eje mayor para los tres tipos de hojas, y perímetro para hojas de brotes reproductivos y hojas de brotes vegetativos largos, es decir son variables relacionadas con el tamaño de las hojas, que puede estar relacionado con capacidad fotosintética. La FC 2 estuvo constituida por el receptáculo floral (área, perímetro, longitud del pedicelo y longitud del receptáculo floral), pétalos (área y perímetro) y longitud del estilo de la flor, es decir variables de tamaño de la flor, que puede estar relacionado con domesticación.

Cuadro 9. Estructura canónica total y coeficientes canónicos totales estandarizados con las variables canónicas para variables seleccionadas en 98 accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

EP	VARIABLES	ABV	ESTRUCTURA CANONICA TOTAL			COEFICIENTE CANÓNICO TOTAL ESTANDARIZADO		
			FC 1	FC 2	FC 3	FC 1	FC 2	FC3
	Hojas de brotes reproductivos	EHR						
	Frecuencia estomática (estomas mm ⁻²)	FE	0.362	-0.041	-0.687	-0.523	0.042	-0.860
	Longitud del estoma (µm)	LE	-0.477	0.063	0.642	-1.064	0.503	-0.116
	Perímetro (cm)	P					-	
			0.716	0.272	0.425	9.973	11.979	3.110
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.805	0.264	0.330	-9.267	13.056	-3.144
	Índice de redondez	IR	0.052	-0.119	0.073	1.833	-2.157	0.497
	Índice de compactación	IC	-0.498	-0.053	0.621	-2.439	2.123	-0.486
	Ángulo basal (grados)	AB	-0.108	0.000	0.656	0.254	0.364	0.291
	Longitud del peciolo (cm)	LP	0.410	0.081	0.535	0.243	-0.430	0.118
	Hojas de brotes vegetativos cortos	HBVC						
	Perímetro (cm)	P	0.519	0.251	0.451	-2.165	1.183	-0.355
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.729	0.242	0.287	2.255	-2.502	0.792
	Índice de redondez	IR	0.284	-0.059	0.090	-0.693	0.183	0.046
	Índice de compactación	IC	-0.510	-0.025	0.642	0.100	-0.678	0.931
	Ángulo apical (°)	AP	-0.171	0.074	0.576	0.566	0.737	-0.054
	Ángulo basal (°)	AB	-0.505	0.022	0.587	-0.140	0.674	-0.474
	Hojas de brotes vegetativos largos	HBVL						
	Perímetro (cm)	P	0.647	0.263	0.384	-3.490	5.154	-0.446
	Longitud del eje mayor (cm)	LEM	0.802	0.243	0.231	5.152	-5.005	1.446
	Índice de redondez	IR	0.269	-0.133	0.078	-0.048	1.495	0.089
	Índice de compactación	IC	-0.580	-0.105	0.643	1.929	-0.409	1.783
	Ángulo apical (°)	AP	-0.357	-0.088	0.552	-0.500	-1.526	-0.415
	Ángulo basal (°)	AB	-0.458	-0.086	0.659	-0.173	-1.226	-0.785
	Hojas de brotes reproductivos	HBR						
	Número de dientes sobresalientes	NDS	-0.069	-0.103	-0.297	0.921	-0.305	-0.643
	Receptáculo floral mas pedicelo mas cáliz	RFPC						
	Área (cm ²)	AF	0.272	0.723	-0.061	-0.105	-1.344	-0.598
	Perímetro (cm)	P	0.258	0.754	-0.091	0.652	0.287	0.729
	Longitud del pedicelo (cm)	LP	0.246	0.698	-0.063	-0.167	0.039	-0.865
	Longitud del receptáculo (cm)	LR	0.330	0.759	-0.096	1.143	1.232	0.146
	Pétalos de la flor	P						
	Área (cm)	AF	-0.036	0.808	-0.077	-1.650	1.790	1.057
	Perímetro (cm)	P	0.029	0.818	-0.132	0.477	-1.013	-1.484
	Estructuras de flor	FC						
	Longitud del estilo (cm)	NE	-0.070	0.831	-0.018	-0.690	1.110	0.327
	Estambres	ET						
	Número de estambres		0.240	0.071	0.086	-0.250	-0.417	-0.352
	Perímetro (cm)	P	-0.003	0.690	0.144	-0.069	0.738	0.346
	Índice de compactación	IC	0.139	-0.436	0.027	-0.195	0.089	0.083

EP: parte de la planta; ABV: Abreviación

La FC 3, estuvo constituida por Índice de compactación de los tres tipos hojas, ángulo basal para hojas de brotes reproductivos y vegetativos largos y ángulo apical para este último (Cuadro 9).

En la Figura 3 se representan los grupos en función de las Funciones canónicas FC 1 y FC 2. Se observa que el grupo 3 está ubicada en el lado positivo de la FC 1 y con mayores valores para las variables relacionadas a esta FC, esto indica que se caracteriza por tener hojas grandes en los tres tipos de ramas, con accesiones originarias del Estado de México y Puebla (accesiones cultivadas), situación contraria para el grupo 2, en su mayoría de Chiapas. Los otros dos grupos presentan valores intermedios, aunque el grupo 1 presentó menores valores, semejante al grupo 2.

Para la FC 2 el que presenta menores valores de tamaño de flores es el grupo 1, en su mayoría de Chiapas, caso contrario que el grupo 2 también en su mayoría de Chiapas, los grupos 3 y 4 presentaron valores intermedios tendientes a altos de tamaño de flor, lo que significaría que el grupo 1 contiene a los genotipos silvestres mientras que los otros tres grupos son domesticados, similares resultados fueron obtenidos por Nieto-Ángel *et al.* (1997) utilizando endocarpios de tejocote.

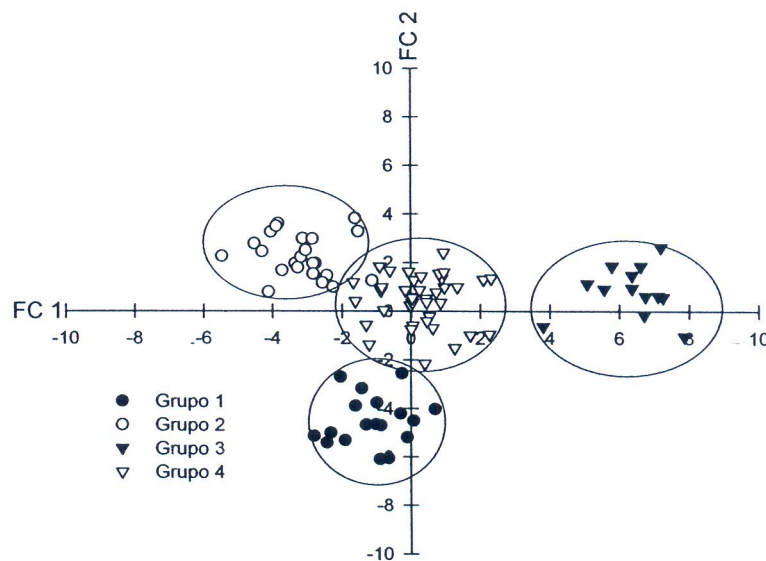


Figura 4. Representación de accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) de acuerdo a las agrupaciones obtenidas del análisis de agrupamiento, en el primer plano factorial de las dos primeras funciones canónicas.

Todas las accesiones están bien agrupadas de acuerdo al análisis de resubstitución (Cuadro 10), es decir no existen individuos que tengan una alta probabilidad de pertenecer a otro agrupamiento.

Cuadro 10. Análisis de resubstitución y probabilidad de los grupos de accesiones de tejocote de estar mal agrupadas de acuerdo variables seleccionadas de hoja y flores.

Grupos		1	2	3	4	Total
1	Número de accesiones	18	0	0	0	18
	Probabilidad (%)	100	0.00	0.00	0.00	100
2	Número de accesiones	0	23	0	0	23
	Probabilidad (%)	0.00	100	0.00	0.00	100
3	Número de accesiones	0	0	13	0	13
	Probabilidad (%)	0.00	0.00	100	0.00	100
4	Número de accesiones	0	0	0	39	39
	Probabilidad (%)	0.00	0.00	0.00	100	100

Las distancias de Mahalanobis (Cuadro 11), corrobora que los grupos formados son independientes entre si, por lo que no existe la probabilidad de ser un mismo grupo.

Cuadro 11. Distancias de Mahalanobis de los cuatro grupos propuestos para tejocote (*Crataegus* spp.) por el análisis de agrupación de las variables de estomas, flores, y hojas.

Grupos	1	2	3	4
1	---	10.949	13.803	9.325
2	<0.0001**	---	16.423	9.026
3	<0.0001**	<0.0001**	---	11.123
4	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	---

CONCLUSIONES

Las variables que caracterizaron a las accesiones de tejocote por sus lugares de procedencia fueron: frecuencia estomática de hojas reproductivas e índice de compactación para hojas de brotes reproductivos, vegetativos cortos y largos, perímetro y longitud del eje mayor de hojas de brotes vegetativos cortos, longitud del estilo; las que caracterizaron a los grupos de accesiones fueron: longitud del eje mayor para los tres tipos de hojas, y perímetro para hojas de brotes reproductivos y hojas de brotes vegetativos largos, el receptáculo floral (perímetro, longitud del pedicelo y longitud del receptáculo floral), pétalos (perímetro), longitud del estilo de la flor, ángulo basal de hojas de brotes reproductivos y vegetativos largos y apical de este último.

Con respecto a la prueba de resubstitución para las accesiones de acuerdo a su origen considera seis accesiones mal agrupadas es decir de un origen distinto al que pertenecen, esto puede ser debido a migración o a las características particulares de la accesión.

Se obtuvieron cuatro grupos, los dos primeros con mayoría de accesiones de Chiapas; el grupo tres con accesiones de Puebla y Estado de México, en partes prácticamente iguales, y el grupo 4 con accesiones de los tres orígenes, aunque mayormente de Puebla.

Existe una buena conglomeración en los grupos formados por el análisis de agrupamiento, corroborado por la prueba de resubstitución y la distancia de Mahalanobis.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO, 2002. Caracterización de variedades de zapote. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Boletín Técnico Num. 6, Costa Rica. 17 p.
- ANÓNIMO, 2002a. Working paper of draft test guidelines for quince (*Cydonia* Mill. *sensu stricto*). International Union for Protection of New Varieties of Plants (UPOV). San Carlos Bariloche, Argentina. 25 p.
- ANÓNIMO, 2002b. Working paper on draft test guidelines for apple (*Malus* Mill). International Union for Protection of New Varieties of Plants (UPOV). San Carlos Bariloche, Argentina. 45 p.
- FRANCO, T. L.; HIDALGO, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. FRANCO, T. L.; HIDALGO R (eds.). Boletín Técnico Num. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Edit. UNAM. D. F., México. 210 p.
- GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. 2001. Caracterización morfológica, pp 199-217. In: Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos; GONZÁLEZ-ANDRÉS F.; PITA VILLAMIL J. M. (eds.). Escuela universitaria de Ingeniería técnica Agrícola (INEA). Valladolid, España.
- JOHNSON, D. E. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Traducido al español por H. PÉREZ CASTELLANOS. Ed. International Thomson Editores. D. F., México. 566 p.

- KARP, A.; KRESOVICH, S.; BHAT, K.V.; AYAD, W.G.; HODGKIN, T..1997. Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies. IPGRI Technical Bulletin No. 2. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy 34 p.
- NIETO-ÁNGEL., R.; BORYS, M. W. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México, pp. 309-329. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Filogenéticos en México.* R. ORTEGA, P; G. PALOMIO H.; F. CASTILLO G.; V. A. GONZÁLEZ H.; M. LIVERA M. (eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI), Chapingo, México.
- NIETO-ÁNGEL, R.; BORYS, M. W. 1999. Relaciones fisiológicas y morfológicas de injertos frutales sobre tejocote (*Crataegus* spp.) como portainjerto. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(2): 137-150.
- PHIPPS, J. B. 1997. Monograph of Northern Mexican *Crataegus* (Rosaceae, Subfam. Maloideae). The University of Western Ontario. Department of Plant Sciences. London, Ontario, Canadá. 93 p.
- ROYO-DÍAZ, J. B.; MIRANDA-ORELLA, S.; CACHORRO, A.; GONZÁLEZ LATORRE, J. 1994. Identificación varietal en árboles frutales. Métodos aplicables. *Fruticultura profesional*. 65: 30-37.
- SCHELDEMAN, X.; LIBREROS, D; JIMENEZ, D. 2004. Desarrollo de Especies Silvestres Nativas en Cultivos de Exportación: Pasos Básicos en el Proceso. International Board for Plant Genetic Resources (IPGRI). Cali, Colombia. 40 p.
- WILCOX, C. D.; DOVE, S. B.; DOSS, W. M.; GREER, D.B. 2002. UTHSCSA Image Tool. IT Version 3.0. Ed. Department of Dental Diagnostic Science. University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, USA. 57 p.

CONCLUSIONES GENERALES

Los caracteres seleccionados en hojas para realizar caracterización fueron frecuencia estomática, longitud de estoma, número de dientes sobresalientes, perímetro, longitud del eje mayor, índice de compactación, ángulo apical y basal y longitud de pecíolo.

Los caracteres seleccionados en flor para realizar caracterización fueron el perímetro y longitud del eje mayor del receptáculo floral, longitud del pedicelo, longitud del receptáculo floral, perímetro de pétalos, longitud del estilo, perímetro e índice de compactación de estambres.

Las variables que caracterizaron a las accesiones de tejocote por sus lugares de procedencia fueron frecuencia estomática, índice de compactación, perímetro y longitud del eje mayor de hojas de brotes vegetativos cortos.

Se obtuvieron cuatro grupos, y las variables más importantes para caracterizarlos fueron: longitud del eje mayor para los tres tipos de hojas, y perímetro para hojas de brotes reproductivos y hojas de brotes vegetativos largos, el receptáculo floral (perímetro, longitud del pedicelo y longitud del receptáculo floral), pétalos (perímetro) y longitud del estilo de la flor.

Existe una buena conglomeración en los grupos formados por el análisis de agrupamiento, corroborado por la prueba de resubstitución y la distancia de Mahalanobis.

REYES C., P. 1990. Bioestadística Aplicada. Segunda Edición. Editorial Trillas. D. F., México. 216 p.

YUMING, Z.; XIAOGUI, X. 1995. Characters identification and evaluation of *Crataegus* resources and screening of superior germplasms. Acta Hort. 403: 51-54.

WILCOX C., D.; DOVE, S. B.; DOSS, W. M.; GREER, D. B. 2002. UTHSCSA Image Tool. IT Version 3.0. Department of Dental Diagnostic Science. University of Texas Health Science Center, San Antonio Texas, USA. 57 p.