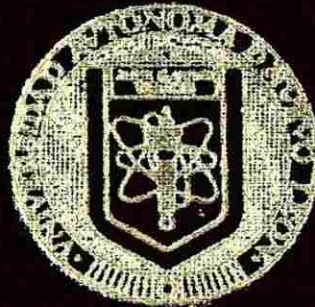


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



VARIABILIDAD EN LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Y ESTRUCTURALES EN DIVERSAS ACCESIONES DE
Crataegus pubescens (HBK) Steud. ROSACEAE:
MALOIDEAE Y SU PROBABLE MECANISMO
DE ADAPTACION A LAS DIVERSAS
CONDICIONES AMBIENTALES

T E S I S

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA

JOSE LUIS GUTIERREZ LOBATOS

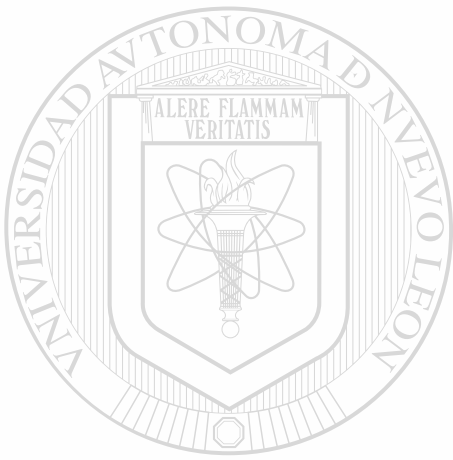
MONTERREY, N. L.

FEBRERO 1997

TD
Z5320
FCB
1997
G8

1997

JOSE LUIS GUTIERREZ LOBATOS



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

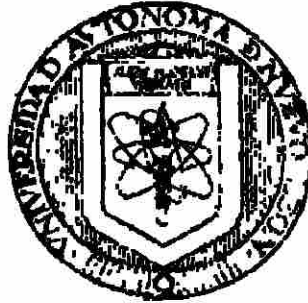


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



VARIABILIDAD EN LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Y ESTRUCTURALES EN DIVERSAS ACCESIONES DE
Crataegus pubescens (HBK) Steud. ROSACEAE:
MALOIDEAE Y SU PROBABLE MECANISMO

DE ADAPTACIÓN A LAS DIVERSAS

CONDICIONES AMBIENTALES

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

T E S I S

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA

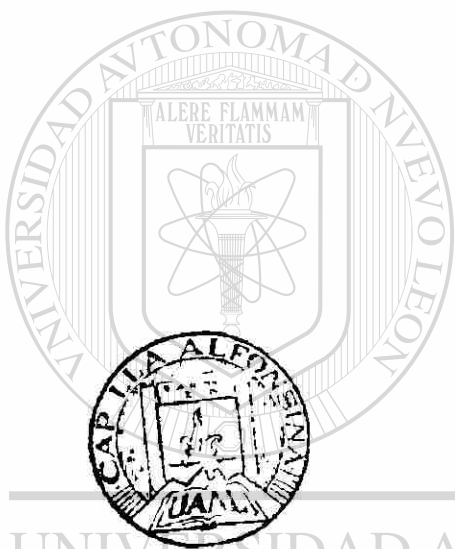
JOSE LUIS GUTIERREZ LOBATOS

MONTERREY, N. L.

FEBRERO 1997

TD
25320
FCB
1997
E8

0116-29560



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FONDO TESIS

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**VARIABILIDAD EN LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y
ESTRUCTURALES EN DIVERSAS ACCESIONES DE
Crataegus pubescens (HBK) Steud. ROSACEAE: MALOIDEAE Y SU PROBABLE
MECANISMO DE ADAPTACION A
LAS DIVERSAS CONDICIONES AMBIENTALES**

TESIS

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

JOSE LUIS GUTIERREZ LOBATOS

COMISION DE TESIS

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Aprobada

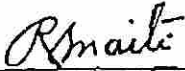
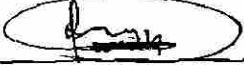


DR. RATIKANTA MAITI -Director

DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH P. - Co - Director

DRA. JULIA VERDE STAR - Asesor

DR. BALTAZAR CUEVAS HERNANDEZ -Asesor

DRA. LETICIA VILLARREAL RIVERA -Asesor

Monterrey, Nuevo León

Febrero de 1997

AGRADECIMIENTOS

La realización del presente trabajo no hubiese sido posible sin la participación de un gran número de personas.

Dr. Ratikanta Maiti responsable de la dirección; sus comentarios y sugerencias aunada a su persistente interés y la amistad brindada permitieron el desarrollo y conclusión del trabajo.

Dr. Michael W. Borys su apoyo en el trabajo de campo, su gran interés llamó mi interés en este tema, sus sugerencias, orientación y gran experiencia otorgaron valor al trabajo desarrollado.

Dra. Ma. Julia Verde Star por su desinteresado apoyo y amistad; sus sugerencias y observaciones brindadas facilitaron grandemente mi permanencia en el programa de postgrado.

Dr. Rahim Faroughbakhch su interés y amistad brindada en todo momento su asesoría y apoyo académico permitieron la conclusión del trabajo.

Dr. Baltazar Cuevas Hernández. sus observaciones, correcciones y apoyo al escrito facilitaron su conclusión.

Dra. Leticia Villarreal Rivera. su amistad y apoyo académico, su sugerencia de involucrarme en esta fase han permitido cubrir este proceso.

Biól. Concepción Valadés C. su apoyo irrestricto y eficaz permitieron desarrollar los trabajos de laboratorio; su experiencia y capacidad lograron solventar eficazmente los contratiempos.

M.C. Ma. Luisa Cárdenas su colaboración en el desarrollo de los trabajos de laboratorio aunado a su experiencia y capacidad facilitaron la conclusión de este trabajo.

M. C. Jorge Hernández Piñero gracias a su capacidad interés y apoyo permitieron el desarrollo de las técnicas de Microscopía Electrónica.

Dr. Salomón Martínez Lozano por su apoyo y sugerencias para el desarrollo del trabajo.

A los miembros del Departamento de Botánica, Biól, Marco Antonio Guzmán L., Biól. Marco Antonio Alvarado y Biól. Adolfo Reyes por su disponibilidad y apoyo en diversas actividades permitieron solucionar los contratiempos.

Biól. Ma. Guadalupe Martínez G. por su apoyo incondicional y estímulo constante que me han facilitado el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi esposa Ma. Guadalupe Martínez G.



A Nuestros Hijos:
Myrna, Mauricio, Verónica, José Luis y Oscar.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

A Andrea Mariana, por su alegría y gran capacidad de ser.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A mis Hermanos.

RESUMEN

Crataegus, muestra una alta variabilidad morfológica y estructural como consecuencia de antiguo y alto nivel de hibridación, se considera que la actual variabilidad de sus diversos órganos, reflejan la adaptación a las condiciones ambientales. Desde un punto de vista fisionómico, el tallo muestra muchas variaciones. Los estudios anatómicos del tallo, indican su carácter primitivo, lo cual caracteriza a las Maloideae, mostrando una alta heterogeneidad debido a antiguos y continuos entrecruzamientos, por lo que la mayoría de las estructuras observadas muestran una gran adaptación al ambiente árido. En las estructuras foliares se muestran la alta variabilidad existente, siendo más notable en su largo y ancho. Estudios ultraestructurales de la epidermis de la hoja muestran amplias características que corroboran su gran adaptación a condiciones de estrés hídrico. se presenta una propuesta de adaptación de las hojas hacia el ambiente árido, son líneas de adaptación foliar, elaboradas en base a sus modificaciones morfológicas y estructurales. La anatomía del pedúnculo indica una relación del tamaño de las bandas vasculares con el tamaño del fruto. Los frutos muestran una muy alta variación, en su peso, diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso seco del mesocarpio y peso de la semilla. Estudios anatómicos de la cutícula muestran amplias variantes, que se encuentran en relación a las condiciones ambientales, en esta estructura se observan depósitos de cera de diferentes tipos que proporcionan una superficie de opaca a brillante, las lenticelas son muy variables en forma y tamaño, cuyo papel fisiológico explica el desarrollo del fruto y su adaptación ambiental; en este estudio se proponen líneas progresivas de adaptación que pretenden explicar el origen de los frutos cultivados de tipo Maloideae. Las semillas muestran gran variabilidad en longitud y diámetro ventral y lateral.

En conclusión, la gran amplitud de variaciones morfológicas y estructurales reflejan el alto grado de hibridación como respuestas de adaptación a las diversas condiciones ambientales, lo que corrobora la suposición de algunos investigadores en relación a la modificación de ciertas estructuras de *Crataegus*.

ABSTRACT

Crataegus exhibited a large variability in morphology and structure due to its primitive nature and high level of hybridization. It is considered that the present variability of diverse organs reflected its adaptation in diverse environmental conditions. From the physionomic stand point, the stem shows large variations. Studies of stem anatomy indicate its primitive character, which is one of the characteristics of the group Maloidea, representing a high level of heterogeneity owing to this primitiveness and continuous crossing as a result, the majority of the observed structures showed a good adaptation in the arid environments. The foliar structures showed the existence of a great variability with special reference to their length and breadth. The leaf epidermal ultrastructure showed wide variability which coincides with its high level of adaptation under water stress. A proposal of the adaptation of leaves under arid environments is put forward, representing lines of foliar adaptation elaborated on the basis of morphological and structural adaptation. The peduncle anatomy indicates a relation between vascular bundle size with the size of the fruits. The fruits showed a very high level of variations in weight, equatorial and polar diameter, mesocarp dry weight and seed weight. Studies on cuticle anatomy showed wide variability, which is observed in relation to environmental conditions. In this structure is observed the deposits of different types of wax giving an opaque to shining surface. The lenticels are highly variable in form and size, whose physiological role explains the development of fruit and its adaptation to environments. In this study progressive lines of adaptation were proposed which pretend to explain the origin of the cultivated fruits of the Maloidea type. The seed showed a great variability in length, ventral and lateral diameter.

In conclusion, the large morphological and structural variations reflected its high level of hybridization as adaptive response to diverse environmental conditions which coincides those observations of some researchers in relation to some structural modifications of *Crataegus*.

INDICE

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS | I |
| DEDICATORIA | II |
| RESUMEN | III |
| ABSTRACT | IV |
| INDICE | V |
| INTRODUCCION | 1 |
| ANTECEDENTES | 2 |
| • Importancia | 2 |
| • Origen de la subfamilia Maloideae (Rosaceae) | 3 |
| • Características generales de la planta | 5 |
| • Descripción botánica | 5 |
| • Clasificación taxonómica | 7 |
| • Distribución y Diversidad | 7 |
| • Ecología y factores ambientales | 8 |
| • Varicación morfológica | 10 |
| • Anatomía | 11 |
| • Biología reproductiva | 11 |
| • Fisiología | 12 |
| • Fitoquímica | 13 |
| • Cultivares | 14 |
| • Manejo del cultivo | 15 |
| • Condiciones Ecológicas que influyen en la productividad | 16 |
| ORIGINALIDAD | 18 |
| HIPOTESIS | 18 |
| OBJETIVOS | 18 |
| • Generales | 18 |
| • Específicos | 19 |
| MATERIALES Y METODOS | 20 |
| • Características Edafoclimáticas de Sitios de Muestras | 21 |
| • Fase de Laboratorio | 24 |
| <i>Estudios Taxonómicos</i> | 24 |
| <i>Estudios histológico de los componentes :</i> | |
| <i>Tallo, hojas, pedúnculo y fruto</i> | 24 |

| | |
|--|----|
| <i>Determinación de las características morfológicas y estructurales de las hojas.</i> | 25 |
| <i>Morfología e histología del pedúnculo</i> | 26 |
| <i>Características Morfológicas e histológicas de frutos</i> | 27 |
| <i>Diseño experimental y análisis estadístico de los datos</i> | 28 |

RESULTADOS

| | |
|--|----|
| • Anatomía del xilema secundario | 29 |
| • Variabilidad de las características anatómicas del xilema secundario | 32 |
| • Análisis de Varianza de diferentes variables del xilema secundario | 33 |
| • Características Morfológicas y Anatómicas de las Hojas | |
| <i>Generalidades</i> | 37 |
| <i>Persistencia</i> | 37 |
| <i>Margen</i> | 37 |
| <i>Venación</i> | 38 |
| <i>Forma</i> | 43 |
| <i>Follaje Heteroblástico</i> | 43 |
| <i>Análisis Cuantitativo de la hoja</i> | 47 |
| <i>Ultraestructura de la epidermis</i> | 59 |
| <i>Haz</i> | 59 |
| <i>Envés</i> | 61 |

| | |
|---|----|
| • Determinación de las Características Morfológicas del Fruto | 64 |
| <i>Variabilidad Genética</i> | 66 |
| <i>Distribución de frecuencia de los caracteres del fruto</i> | 66 |
| <i>Determinación de relaciones funcionales entre diferentes parámetros frutales</i> | 76 |
| <i>Estudio de la Anatomía del Fruto</i> | 78 |
| Grosor de la Cutícula | 78 |
| Ultraestructura de la Cutícula | 79 |
| Lenticelas | 81 |
| <i>Anatomía del Pedúnculo</i> | 84 |
| <i>Semilla</i> | 85 |
| Análisis de Varianza | 85 |
| Correlación de las Variables | 85 |
| Distribución de Frecuencias | 86 |

| | |
|--|-----|
| DISCUSION | 88 |
| • Líneas de adaptación foliar | 90 |
| • Líneas progresivas de adaptación de los frutos | 96 |
| CONCLUSIONES | 99 |
| RECOMENDACIONES | 100 |
| LITERATURA CITADA | 101 |



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

INTRODUCCION

La fruticultura es una actividad que en la República Mexicana tiene gran importancia y un gran potencial, esta se verá cristalizada cuando se aprovechen racionalmente sus grandes recursos genéticos y ecológicos convirtiéndose así en una gran ayuda para los habitantes de las regiones rurales y se logre mejorar en parte su problemática social y económica. México posee una gran diversidad de ambientes debido a sus ricas variaciones fisiográficas que favorecen el establecimiento de una gran cantidad de tipos de vegetación de importancia mundial. Existen grandes zonas ecológicas que han sido explotadas para el cultivo de vegetales frutícolas que ocasionalmente no se manejan de manera adecuada, por lo que se requiere establecer bases que sustenten un desarrollo constante y sostenido, promover una mejoría en la tecnología existente o bien generar otras con el fin de diversificar y aumentar la producción frutícola permitiendo un uso más eficiente del suelo y otros recursos ambientales unido a reales y adecuadas prácticas conservacionistas.

Ante la urgencia de la diversificación frutícola, llama la atención *Crataegus spp.* conocido como tejocote, el cual se distribuye en gran parte de la República Mexicana prosperando favorablemente en zonas montañosas con períodos cortos de lluvia mostrando un alto potencial de adaptación a condiciones adversas además de gran variabilidad genética, ha sido mínimamente explotado tanto agronómica como industrialmente, se requiere conocer mejor esta especie para favorecer su explotación por ejemplo, su potencial frutícola y porta injertos de diversas especies frutícolas y ornamentales, conocer la selección de los diferentes tipos de plantas por su comportamiento en el desarrollo, estado nutricional y rendimiento, su aportación a desarrollo de productos industriales será de gran importancia en el conocimiento de esta especie aún silvestre.

ANTECEDENTES

Importancia

Crataegus ha despertado un gran interés en fruticultura ya que se ha utilizado como patrón para injertar manzano, su madera es de grano fino, con radios medulares oscuros, se utiliza para la elaboración de herramientas y otros utensilios. Quintanar, (1964), Borys y Vega-Cuen, (1984) mencionan que en México se deberá considerar el potencial ornamental y el valor ecológico del tejocote los cuales no han sido aprovechados adecuadamente. Son utilizadas, de acuerdo con Mrugasiewicz, (1967), citado por Borys y Vega, (1984) en la producción de medicinas, debido a que las flores y el follaje de 25 especies de *Crataegus* son fuente de flavonoides. El cocimiento del fruto tiene propiedad curativa para algunos problemas del aparato respiratorio, la raíz y la corteza de la planta, en infusión, se emplea como diuréticos; ha sido ampliamente usada para controlar problemas cardíacos por su acción en el retardo de la frecuencia cardíaca y disminución de la amplitud de las contracciones cardíacas; la flor en infusión con agua apoya el tratamiento de pacientes con problemas de presión arterial.

El tejocote fue aprovechado en los tiempos anteriores a la conquista utilizando sus frutas principalmente como alimento. Actualmente en el estado de Chiapas el fruto se utiliza localmente en la alimentación humana y como forraje para el ganado, en este caso, 100 kg de fruto de *Crataegus pubescens* equivalen a 22-25 kg de grano de maíz.

Estudios realizados sobre la cuantificación de frutos en la Universidad Autónoma de Chapingo han demostrado que la fruta tiene las mismas características forrajeras que el maíz entero, (Borys, 1984, Rojas Rabiela, 1985, Torres, 1985). Con motivo de la diversificación que han tenido las pectinas su demanda se ha incrementado en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmetológica, por tal motivo se han presentado serios problemas de abastecimiento. Higareda, (1986) realizó estudios sobre el contenido de pectina en *Crataegus* y constató que su contenido en pectinas es similar al que se obtiene en el limón. De acuerdo con la S.A.R.H, (1988) la producción frutal de *Crataegus* en el país es de aproximadamente 11 mil toneladas anuales de tal manera, se considera a la fruta como posible fuente para la obtención de pectina comercial. Se pueden elaborar gran diversidad de productos alimenticios a partir del fruto, tales como: Fruto en almíbar, confitados, salsas comerciales, jalea, ate, mermelada y néctar; sólo la

extracción de pectina justificaría una agroindustria para el aprovechamiento de este recurso (Borys, 1991).

Schussler, et al. 1991 determinaron el contenido de flavonoides que se encuentran en los extractos de hojas, flor y fruto de 5 especies *C.monogyna*, *C.Loaevigata*, *C. pentagyna*, *C. nigera* y *C. azarolus*. Estos autores además cuantificaron los efectos inhibitorios de estos extractos sobre tostodiesterasa en el corazón del cobayo. Los mismos autores en 1993, determinaron el contenido de flavonoides y procyanidina preparada de *Crataegus spp.* para tratar varias enfermedades cardiovasculares, estos autores han probado el efecto antihistamínico de *Crataegus* particularmente de sus flavonoides sobre el corazón de conejos. (Borys et al., 1984 a y b; Borys, 1991; Borys & Leszezynska- Borys, 1994) mencionan que el tejocote forma un grupo de plantas de potencial ornamental, en jardinería tiene enorme importancia en los países europeos, debido a sus características ecológicas, y su amplia adaptación a las condiciones edáficas y climáticas adversas. De acuerdo a estos mismos autores, la variabilidad natural del tejocote ofrece gran ventaja en su selección para satisfacer los gustos de las personas y es bien aceptada por los horticultores dada su importancia como planta de ornato.

Origen de la subfamilia Maloideae (Rosaceae)

Las Maloideae son grupos importantes de plantas de cerca de 100 especies y de 20-30 géneros dependiendo de su circunscripción (Phipps et al., 1990). Esta es una de las cuatro subfamilias de las Rosaceae, la cual frecuentemente se considera pivote de la evolución de las dicotiledoneas. Las Maloideae han recibido mucha atención de los taxónomos y de revisionarios desde los tiempos de su primer reconocimiento formal, sin embargo, poca de esta ha sido explícitamente cladística. Las Maloideae constituyen un grupo natural de plantas, con un fruto que es un pomo sinapomórfico con cromosoma de $X=17$ y un autopomórfico hospedero de hongos parásitos (Savile, 1979). La amplia ocurrencia de apomixis gametofítico en Maloideae de acuerdo con Campbell et al., (1991) parece ser otra sinapomorfia, la apomixis no ha sido bien documentada para Spiraeoideae y Amigdaloidae a pesar de la existencia de complejos poliploides dentro de estas subfamilias. El criterio que las Maloideae son monofiléticas no fue discutido por los autores.

El origen de las Maloideae, está basado principalmente sobre dos teorías, la primera, señala que esta subfamilia pertenece a un grupo alotetraploide, la segunda, puede no haberse originado de un evento de hibridización. Phipps et al., (1990) demuestran que los datos obtenidos sobre este aspecto son compatibles con la teoría

alotetraploide y aparenta depender de ello para la interpretación cladística. El punto de vista que estas especies no fueron originadas de un evento de hibridización, no ha sido formalmente establecido. los mismos autores han discutido estas dos teorías para desarrollar un análisis de las Maloideae y obtener la matriz de datos para un modelo Wagner de análisis cladístico y así presentar sus conclusiones.

Phipps et al., (1991), revisaron y examinaron los límites genéricos y las vías evolucionarias en la subfamilia Maloideae y buscan definir más claramente las características de las originales Maloideae para investigar las vías evolucionarias.

A fines de 1920 fueron desarrollados suficientes conteos de cromosomas en las Rosaceae, lo cual facilita los estudios acerca del número característico de las subfamilias. Cabe mencionar, que las Rosoideae tienen $x=9$, Amigdaloidae $x=9$ y Maloideae $x=17$ (Sax, 1931). Varios trabajos mencionan que las Maloideae fueron poliploides y varios puntos de vista sugieren la cantidad, $x = 17$. Algunas especies son pentaploides con $(x = 7)$ (Darlington y Moffet, 1930), con $(4 \times 2 = 8) + (3 \times 3 = 9) = 17$; son considerados tetraploidización cuando $x = 8$ seguido por una ganancia de cromosomas (Sax, 1931), seguida de una autotetraploidización con $x=9$ y así $(2x - 1)$, como expresa Darlington, (1963); fueron considerados los haploides cuando $(x = 8) + x = 9$. Estas evidencias citológicas alternativas nunca han sido puestas a prueba, para convencer que las Maloideae fueron haploides y sugerir que las Spiraeoideae ($x=9$) y Amigdaloidae ($x = 8$) fueron los más cercanos ancestros, (Sax, 1931). Stebbins, (1950), formalizó y elaboró este punto de vista. La hipótesis alotetraploide ha sido consistentemente la más popular. Desde entonces, se ha efectuado una comparación de Maloideae, Spiraeoideae y Amigdaloidae. En la química de Flavonoides (Challice y Kovanda, 1981) claramente soporta la teoría alotetraploide, Chevreau et al., (1985), Weeden, (1986) y Weeden y Lamb, (1987) confirman, sobre la base de evidencias de isoenzimas, que el genoma es tetraploide.

La familia Rosaceae ha sido objeto de muchos estudios filogenéticos. Sin embargo, los grandes esquemas de Hutchinson, (1959, 1964), Thorne, (1976, 1977, 1983), Takhtajan, (1980), Cronquist, (1988) y otros, aunque consistentemente reorganizan las familias Spiraeoideae, Rosoidae, Amigdaloidae y Maloideae, en grupos de géneros o tribus correspondientes a ellos, aportan poco sobre el origen de los Maloideae (Phipps, et al., 1991)

Características generales de la planta

Borys, (1991) ha desarrollado investigaciones con *Crataegus* en México durante varios años, lo describe como un árbol espinoso de forma variable de 4 a 10 m de altura, con amplia variedad morfológica. *Crataegus* es un género característico de las zonas montañosas de México, participa en la delineación fisionómica de los bosques de pino y encino, su presencia altitudinal es superior a los 2000 m.s.n.m. Posee una ramificación muy variable en número y longitud, relacionadas a un tallo de altura variable formando arbustos o pequeños árboles, su eje principal, en sección transversal presenta una forma redondeada u oval, en este último caso ofrece una forma irregular (torcida); su corteza presenta depresiones muy variadas, el color de la misma se modifica con la edad, en su fase juvenil su apariencia es gris-verde, de acuerdo a Borys,(1991), este carácter eficientiza el reflejo de los rayos luminosos; el corcho se observa en los ejemplares muy maduros. Chávez ,(1970) trabajó con *Crataegus* observando que el sistema radical se extiende a capas profundas del suelo. Pérez et al., (1984) estudiaron las características del crecimiento del tallo, observando que en las primeras etapas de crecimiento, el diámetro del eje principal varía entre 2.0 a 3.3 mm con una altura del brote principal de 7.1 a 22.0 cms en los brotes laterales primarios su longitud fluctúa entre 1.6 y 4.0 mm. La presencia de espinas grandes y persistentes sólo se observan en algunas variedades; poseen ramificaciones en número y longitud variable proporcionan así una forma regular o bastante irregular, esto originado por la distribución de las ramas resultantes de desarrollo óptimo de las yemas sobre el eje principal, proporcionan así una densidad variable formando un ángulo muy diverso debido a la relación del eje principal con las ramas secundarias de 90 ° a 30° que fisionómicamente se traduce en una copa muy abierta o bastante cerrada. En algunas especies las espinas tienen grandes variaciones en forma, longitud y grosor, estas estructuras sólo están presentes en ejemplares silvestres o bien, los que se han obtenido por trasplante o multiplicación.

Descripción botánica

Crataegus pubescens (HBK) Steud., es un árbol espinoso de 4 a 10 m de altura; hojas con pecíolo de hasta 1 cm de largo, láminas romboideo-elípticas a ovaladas u oblongas a abovadas, de 3 a 11 cm de largo, por 1 a 5 cm de ancho, ápice agudo u obtuso, envés más pálido, espaciada o densamente pubescente, corimbos de pocas flores, sépalos lanceolados tomentosos, de alrededor de 5 mm de largo, subenteros o glandulosos-aserrados, pétalos blancos, de 1 cm de largo o menos; fruto en pomo. semejando una

pequeña manzana, amarillo-anaranjada, de 2 a 3 cm de diámetro, semillas café, lisas (Rzedowski, 1979).

Borys y Vega (1982), describen al árbol como de 4 a 12 m de altura, con frutos de 2.0 a 5.3 cm de diámetro de color predominantemente anaranjado o amarillo intenso; tiene troncos delgados sin espinas y ramas o con pocas espinas.

Características Foliare: Poseen un pecíolo de longitud variable alcanzando hasta 1.0 cm unido a una lámina muy variable en su forma: romboidea, elípticas a ovaladas u oblongas a obovadas. Su longitud varía de 3.0 a 11.0 cm con un diámetro de 1.0 a 5.0 cm, presenta un ápice agudo a obtuso, su borde es entero, aserrado u ondulado a veces coriáceo, pubescentes, de brillantez y tonalidad variada de verde claro a verde oscuro; existen variedades caducifolia o subcaducifolias; el ángulo de apertura entre lámina y tallo varía de muy estrecho a amplio.

Características florales: Poseen sépalos de forma lanceolada, tomentosos, subenteros a glandulosos aserrados de 5 mm de longitud; pétalos blanco variando a rosados miden hasta 1.0 cm de longitud; inflorescencia un corimbo la cual varía en tamaño, diámetro y longitud, el número de flores es variable, regularmente existen grupos de 10, las inflorescencias pueden tener de 1 a 9 flores con un orden de apertura basal-apical (Almaguer, et. al., 1991). Las plantas florecen desde el mes de enero y sus frutos maduran en los meses de noviembre y diciembre (Sánchez, 1976).

Características frutales: Es un pomo o drupa de tonalidad variada, cuando joven es de color verde, puede aparecer un color rojizo en su cara expuesta al sol, existen variedades de color verde-rojizo en toda su superficie, en su madurez su tono es amarillo-anaranjado, algunas variedades son de color rojo. La permanencia del fruto después de la caída de las hojas en el árbol presenta modificaciones, en algunos casos los frutos se desprenden antes de la caída de las hojas, la permanencia está influenciada por el estado hídrico del suelo, como lo indica, Borys, (1994). Existe variación en el grosor de la cutícula, distribución y número de lenticelas, así como, en el grosor del mesocarpio y tamaño de las semillas, las cuales son de color café y de aspecto liso. Los brotes fructíferos pueden alcanzar hasta un número de 25 que emergen de yemas mixtas (Delgado, et. al., 1984). De acuerdo con Bustamente y Borys, (1984), la producción por árbol varía, dependiendo de factores edáficos, y de manejo, encontrando una producción de 221 a 228 ton/ha con una variación de 599.5 a 113.6 kg/árbol.

Clasificación Taxonómica

Sánchez, (1976) describe al tejocote como *C. mexicana*. Reiche, (1977) cataloga a *C. mexicana* y *C. stipulosa* como especies muy afines. Rzedowski, (1979) describe conjuntamente a *C. pubescens*, *C. mexicana* y *C. stipulosa* las incluye como sinonimia. Esta especie se considera como *Crataegus pubescens* y comenta que en México el tejocote es muy apreciado.

La clasificación taxonómica del tejocote requiere una evaluación de 20 a 30 caracteres. La dificultad de la clasificación taxonómica se complica en la facilidad de formar híbridos, lo que crea problemas para los taxónomos. Los respectivos métodos de clasificación son reportados por Christensen, (1984); Phipps ,(1983 b); Podani y Dickinson, (1984). Según conocimientos actuales, en México se han identificado las siguientes especies: *Crataegus barraoussana* Eggl., *C. gregiana* Eggl., *C. mexicana* Moc et Sess., *C. nelsoni* Eggl., *C. Pubescens* (H.B.K.) Steud., *C. rosei* Eggl., *C. stipulosa* (HBK) Steud., *C. crus-galli* Lin., *C. subserrata* Benth (Anónimo, 1930. Borys y Borys, 1994).

Distribución y diversidad

Según Phipps, (1983 b) de 150 especies existentes de *Crataegus* en el mundo, 95 se encuentran en el continente americano, de ellas 10 se localizan en México con gran variedad de tipos morfológicos. La mayoría de las especies de Norte América representan una colección heterogénea con afinidades a la sección Sanguineae del Norte de Asia o especies de China o Japón. Análisis cladísticos indican que *C. mexicana* y *C. scabrifolia* no sólo están entre las más primitivas además poseen amplias similitudes, por lo que se sostiene que el grupo mexicanoide-scabrifolioideo se originó en zonas templadas calientes, cruzó el estrecho de Behering al inicio del terciario o en el Mioceno y emigraron al sur, así la evolución hacia las especies vivientes se ha derivado de una base relicto del sur de China con diversificación hacia el oeste de Eurasia (una línea mayor). Una menor diversificación Norteamericana del grupo mexicanoide, esto demuestra que ninguna de las especies de *Crataegus* de Norteamérica y este de Asia son cenoespecies, también, excepto por los relictos ancestrales postulados, ninguna de las dos especies de los dos continentes están ligados taxonómicamente.

Las evidencias sugieren que *Crataegus* es un género antiguo originado del terciario inicial que se difundió una o dos veces en América con dos principales diversificaciones que se extinguieron en el terciario. Actualmente *Crataegus* de

Eurasia se deriva del grupo chino, mientras que en el período terciario se presentó una evolución paralela de *Crataegus* de Asia y Norteamérica, excepto por taxa relictos no están muy relacionados (Phipps, 1983 b). Bass, (1990) estudió la ecología de dispersión de dos especies: *Crataegus monogyna* y *Prunus mahaleb*, determinó la estrategia de invasión y observó el movimiento de la planta.

Ecología y factores ambientales

El tejocote se adapta bien a los suelos pobres, ligeramente ácidos, alcalinos, arenosos, con drenaje deficiente, poco profundos y pedregosos. Los vientos parecen no ser muy nocivos, sin embargo promueven la caída de la flor, que debido a causas biológicas se puede desprender, Chavez, (1970). Tamaro, (1974), Chavez (1970), Borys et al., (1980) reportan su resistencia a las bajas temperaturas mencionando que la planta crece en suelos inundados y arcillosos en Chiapas y México. Sin embargo, algunos son susceptibles al desarrollarse en suelos calcáreos, mostrando clorosis condicionada a la concentración de CaCO_3 en el sustrato (Cruz *et. al.*, 1981). Por otro lado, Delgado (1983) reporta deficiencias de fierro y manganeso en el tejocote mejorado injertado. No se adapta bien a suelos húmedos y bajas temperaturas. Se presentan síntomas de deficiencias de fierro en peral y manzano injertado con tejocote (Montoya *et. al.*, 1985). Son establecidas plantaciones comerciales en suelos profundos (3 -5 m), suelos permeables a muy ligeros (30 a 50 cm) o impermeables, roca calcárea con pH de 4,5 -8,3. Las formas domesticadas son injertadas sobre *Crataegus* locales, vástagos, así como esquejes, muestran anormal forma y color de hoja, aunque los vástagos muestran fuerte clorosis -Fe, los esquejes están libres de síntomas, lo mismo se observó para el Zn (Borys, 1990).

Fueron injertados esquejes de formas domesticadas en huertos, sobre plántulas de tipo "Batan" de la misma especie en un vivero y obtuvieron variabilidad en tamaño del fruto, peso fresco y seco de la pulpa así como peso del hueso. Análisis de elementos inorgánicos muestran altas diferencias en el contenido de minerales entre los tipos seleccionados (Nieto y Borys, 1991). Los mismos autores, recolectaron diversos genotipos en tres estados, Puebla, Chiapas y Estado de México, de éstos se evaluaron longitud, área foliar y número de frutos por brote de fructificación, peso de frutos y longitud por brote de fructificación, así como rendimiento por árbol para 1990. Ambas evaluaciones coinciden en la determinación de los mejores genotipos, ya que al menos, existe un genotipo sobresaliente para cada estado, argumentan la existencia de una relación positiva entre los parámetros evaluados y el rendimiento, al incrementar el

área foliar, el número de frutos, su peso y la longitud del brote de fructificación. Se observó un incremento en el rendimiento.

Se observó la heterogeneidad existente entre *Crataegus* silvestre y cultivados procedentes de Chiapas, Puebla y Estado de México, observando valores que indican la gran variabilidad existente tanto dentro de procedencia, como entre genotipos; evaluando altura de los árboles, circunferencia de la copa y diámetro máximo de la copa (Rodríguez et al., 1991). La importancia ecológica de este género radica en la variabilidad adaptativa de su sistema radical y a las diversas condiciones edáficas, a la estructura vegetativa y reproductiva de la copa y a los componentes de productividad (Callejas et al., 1991).

Crataegus prospera sobre un amplio rango de condiciones edáficas, en suelos arcillosos, arenosos, volcánicos, superficiales o profundos, pudiendo tolerar períodos largos de sequía, se ha visto crecer en suelos fríos y se adapta a suelos cálidos, es resistente a plagas y enfermedades (Higareda, 1991).

Se examinó el destino de frutas de una población europea de *Crataegus monogyna* en el este de Oregon, E.U., un frugívoro, *Turdus migratorius* contribuyó a la dispersión, la cual fue baja con promedio de dispersión de 21 % anual, se estudió el porcentaje de frutos y semillas que se perdieron en el campo y el porcentaje de semilla defecada/regurgitada, Sallabanks, 1992, SHA,(1992), describió un grupo de árboles(*Crataegus*) encontrados en Mongolia, (región autónoma de China) señaló su hábito vigoroso de crecimiento, el sabor de fruto, con un promedio de 5 g de peso describió su morfología y hábito del árbol encontrados en latitudes 47° - 48° N

Barnea et al., (1993), investigaron las saponinas, flavonoides, y glicosidos cianogénicos en pulpa y semillas de frutos carnosos silvestres dispersados por aves. Cuando diferentes aves se alimentan del mismo fruto, consumen un número similar de semillas de frutos. Otras aves están por corto período de tiempo y consumen unos pocos frutos. En muchos casos se encontraron aleloquímicos en pulpa pero no en semilla, esto confirma la hipótesis que la toxicidad suave en la pulpa regula el consumo de muchos frutos y el tiempo de retención de semilla,

Se desarrollaron varios trabajos sobre el efecto de radiación en *Crataegus*. Los renuevos son irradiados con rayos Gama, el grado de sobrevivencia de injerto se redujo por irradiación. Los mutantes obtenidos colocados en ramas adultas dieron como

resultado frutos grandes, brillantes, rojos y piel de buena calidad (Yang et al. 1991). En otro estudio se irradiaron las yemas de un año de *Crataegus* con 3000-7000 rad 60 Co-Gamma (rayos) para observar el grado de variación de brotes, hojas y yemas (Tang, 1992). Fueron irradiados brotes anuales y de 1 año de edad de *C. pinnatifida* con 24.5 y 48.5 I rayo gama. Los efectos dependen del genotipo, se obtuvieron mutantes y se seleccionaron tipo de fruto grande, alta germinación y muchos brotes y fruta de tallo corto para uso ornamental. (LI et al., 1993).

Variación morfológica

De acuerdo a Sterling, (1964), los carpelos de *Crataegus*, *Mesperomeles* y *Osteomeles* constituyen un grupo relacionado morfológicamente algunas características como puntuaciones carnosas, óvulos acolaterales, presencia de grandes haces vasculares en el óvulo; el número de carpelos en éste género varía de 1 a 5, donde con frecuencia 1 o más son infértiles. Cada carpelo fértil tiene dos óvulos cuyos funículos se insertan cerca de la base locular, las nucelas están superpuestas; un cilindro de haces vasculares se presenta en la base de los grupos de carpelos, los cuales se distribuyen en forma de haces en los carpelos y en sus alas, aunque dos de sus haces laterales están separados, cada grupo de haces ovular y alar se encuentran unidos en la base del lóculo. Se presenta una apertura sutural en algunas especies, existe una diferencia específica en la longitud de la apertura sutural y la fusión intercarpelar. En otro estudio, Sinnott y Phipps, (1983), en relación a los patrones de variación en *Crataegus* que se desarrollan en el sur de Ontario, sostienen una hipótesis sobre la evolución de este género, exponen que la complejidad de la variación es el resultado de la mezcla e hibridización en especies distintas y algunas de estas variaciones podrían ser de origen antiguo. El género *Crataegus* conocido por su complejidad taxonómica debido a hibridización extensiva de introgresión entre las especies muy relacionadas, esto resulta en la formación de híbridos, poliploides y/o complejidad agámica en América del norte y Europa, (Christensen, 1984). En un estudio sobre la variación morfológica de algunas especies de *Crataegus* en Grecia y Yugoslavia, mediante un análisis discriminante se demostró evidencia morfológica de hibridización e introgresión entre *Crataegus orientalis*. Dickinson y Phipps (1985) realizaron un estudio sobre los patrones y el grado de variación fenotípica en *Crataegus* en Ontario utilizando análisis multivariado, se demostró que el género exhibe alto grado de variación morfológica y es un poliploide, de complejidad altamente distinto que no puede confundirse con otro taxón. Se reconocen cuatro morfotipos con alto grado de heterogeneidad entre sitios y homogeneidad dentro de un sitio. Wang y Meng, (1991),

describen cuatro variedades de *Crataegus*, señalando en cada una el peso del fruto, sabor, contenido de azúcar, ácidos orgánicos, ácido ascórbico, proteínas y flavonoides.

Anatomía

Se desarrollaron estudios anatómicos de los órganos vegetativos aéreos de 10 especies de la sección *Crataegus*, dos de la sección *pentagyna* y seis de la sección *azaroli*, otorgando un alto valor taxonómico a las hojas, pecíolo y tallo a nivel de sección, género y especies, en igual forma, se determinó la importancia de la xeromorfía, lo anterior fue desarrollado por Novrozova et al., (1990). Liu y Gao (1993) describen la anatomía del floema secundario de 10 especies de Rosaceae entre las que se encuentra *Crataegus pinnatifida*, tres géneros de Maloideae fueron similares en las características de la anatomía del floema con bandas tangenciales de las fibras esclerosas alternando con bandas de elementos cribosos y presencia de células acompañantes y células parenquimatosas, aparentemente el floema de conducción y de no conducción no son distintos entre sí, las láminas cribosas son compuestas con áreas cribosas en la pared, los rayos son seriados y multiseriados; en las paredes del floema, existen láminas simples cribosas de posición horizontal con rayos uniseriados y multiseriados.

Biología reproductiva

En un estudio Muniyama y Phipps, (1979) reportan grandes evidencias que llevaron a pensar que la apomixis fue un fenómeno común en *Crataegus* de norte América, sin embargo, trabajaron con *Crataegus pruinosa*, del este de Norteamérica la cual presenta amplias evidencias apomícticas, en este trabajo se demuestra la existencia de aposporia y documenta el desarrollo del aposporo del saco embrionario y la pseudogamia es inferida. Pelek y Ptak, (1981) investigaron el desarrollo de las estructuras internas y externas de siete especies de *Crataegus*, encontrando que el desarrollo del embrión es específico y el desarrollo del endospermo antecede al del embrión, éste último presenta grandes cotiledones, encontrándose la radícula completamente sumergida. La apariencia externa de la semilla difieren en algunas especies, basado en éstas, se puede efectuar su determinación. Muniyama y Phipps, (1984) trabajaron con siete especies de *Crataegus*, en las cuales la agamospermia es reportada, así como, la aposporia, el estudio se efectuó con especies de Ontario, en éste trabajo se discute la significancia de éstos hallazgos en la taxonomía y evolución de *Crataegus* de Norteamérica, lo anterior fué documentado por Ptak, (1986) trató sobre la embriología de di y tetraploides, en las especies diploides *C. monogyna* y *C. oxycantha*,

una regular microsporogénesis se presenta en los granos de polen, en las tetraploides, *C. currisepala*, los granos de polen están diferenciados morfológicamente. En las especies diploides, se presenta un curso regular en la macrosporogénesis y la gametogénesis, un embrión y un endospermo se desarrolla después de la doble fecundación. Campbel et al., (1991) señalan que las Maloideae son versátiles en sus características de su reproducción-propagación vegetativa, autoincompatibilidad y apomixis, teniendo como resultado una extensiva hibridización y poliploidía, señala, que en 100 taxa se presentan naturalmente apomixis gametofítica, demuestra una alta hibridización entre géneros y especies. Guijian y Fuentes,(1992) realizaron estudios en la fenología, reproducción, polinización y dispersión de semillas, en *Crataegus*, de una zona de encinos de España, señala entre otros aspectos que el polinizador fue *Apis mellifera* en un 52%, además señala la participación de áfidos y dípteros, siendo aves, las dispersoras de las semillas.

Fisiología

Estudios sobre la procedencia, alta temperatura, escarificación y estratificación en relación a la germinación fueron desarrollados por Felipe et al., (1989), quienes tabularon las diferencias en la germinación de semillas de diferentes procedencias, de los estados de México, Puebla y Chiapas. Richter, (1990) encontró resultados muy variados, al realizar estudios sobre la micropropagación y señala que fueron destruidas yemas florales de *Crataegus monogyna* al realizar aspersiones con C⁴ concentrado al 3% y 1.5% de C⁴ más 0.5% de Falimorph, lo anterior se manejó con el fin de eliminar *Erwinia*, trabajando también con otros componentes, como sulfato de amonio en variadas concentraciones e hidróxido de sodio. Del Arco et al.,(1991) estudiaron en España, en zonas con diferente precipitación pluvial, la eficiencia de recuperación de N, previo a la caída de las hojas, en diferentes árboles, incluyendo *Crataegus*, de comportamiento siempre verdes y deciduos, observando, que la duración del período de abscisión tiene un gran efecto sobre la eficiencia de retranslocación de plantas. Especies con una gradual caída de las hojas, exhiben bajo porcentaje de recuperación de N, una gradual caída de las hojas parece ser una adaptación al estrés de agua en regiones áridas y semiáridas, factores relacionados con la disponibilidad de N, exhiben un claro efecto sobre la eficiencia en la retranslocación de N. Plantas de *Crataegus* fueron tratadas con PP333 (paclobutrazol) en concentración de 0-2500 ppm, aplicados en diferentes tiempos y estados fenológicos. Los autores, Huang, et al.,(1992) señalan, que se obtuvo un efecto sobre la calidad del fruto, pero no en su forma y peso. Gelli y Micheli, (1992) obtuvieron buenos resultados en el establecimiento y proliferación de

Crataegus monogyna, con una solución de hipoclorito de sodio para esterilizar explantes en un medio Lesmayer-skoog enriquecido con benciladenina.

Fitoquímica

Lamaison y Carnat, (1991) analizaron material seco de *C. monogyna* y *C. laevigata* con el fin de determinar el contenido de ácido clorogénico y flavonoides en diversas etapas de desarrollo de los vegetales, previo a la floración, etapa de yema verde, etapa de yema blanca, flores abiertas y posterior a la floración; los resultados muestran una coincidencia entre el tiempo de la colecta tradicional con el máximo contenido de flavonoides y ácido clorogénico. Al trabajar con *C. aestivalis* y *C. opaca*, Chapmann,(1993) determinó la presencia de azúcar, pectina y ácidos no volátiles en tres etapas de madurez. Ferlay et al., (1993) investigaron nuevas fuentes de lípidos en varias plantas superiores existentes en el sur de Francia, entre otras, trabajaron con *C. monogyna*, la cual mostró niveles altos de ácidos grasos. La formación de flavonoides y procianidinas en *C. monogyna* varía durante la germinación de la planta y su estado de desarrollo, lo anterior, trabajando con callo y cultivo en suspensión en medios MS y medio modificado MS utilizando brotes de la especie señalada anteriormente, concluyendo que la polimerización de flavonoides ocurre en menor extensión en cultivos de células de este vegetal que en plantas intactas, lo anterior fue documentado por Kartnig et al., (1993).

Cultivares

Bustamante y Borys,(1984) evaluaron la productividad de *Crataegus pubescens*® en dos huertos, en México, mostraron que el rendimiento en kg/ha y número de frutos por árbol osciló de 72 a 113.6 kg, mientras que el número de frutos varía entre 4425 y 6750. El tamaño de los árboles varió de 415 a 545 cm de altura y de 445 cm de diámetro de la copa, mostrando un potencial de producción de 37.5 ton/ha. Ishihata (1990), estudió las condiciones climáticas bajo las cuales se desarrolla *Crataegus*, definiendo su morfología, cultivares disponibles, propagación, forma del árbol, cultivo, condiciones del suelo, enfermedades y la composición del fruto. Los arbustos de *Crataegus laevigata* desempeñan un papel importante en la rehabilitación de suelo degradado, evitando de esta manera su deslave, Kalyan et al.,(1990) desarrollaron estudios, sobre el mejoramiento y conservación de suelos encontrando una respuesta muy variada entre los tocones y los brotes. Jing Y Li (1990) cuantificaron más de 100 caracteres en 40 variedades de tejocotes en China, encontró que 33 caracteres variaron

significativamente entre las variedades evaluadas durante 1985-1987, estos autores sugirieron que éstos caracteres son útiles para la caracterización de este tipo vegetal. En 1975, no existían cultivares bien definidos, por ser una especie semidoméstica no se habían realizado estudios para su clasificación, pero sí, algunos estudios sobre la morfología del fruto (Borys,1991)

Lee et al., (1991) estudiaron las características del fruto en nueve especies del sur de Inglaterra, entre otras, con el fin de conocer la proporción de peso seco en hueso, pulpa, fibra del hueso y el embrión/endospermo determinando también, la proporción de la humedad. Estos autores constataron la existencia de una posible relación filogenética y coevolución entre las plantas con fruto carnoso y los dispersores. En China la selección de *Crataegus* fue evaluada por Wang y Meng (1991) quienes obtuvieron frutos de buena calidad en color, textura y palatabilidad. Diversas investigaciones fueron desarrolladas por Almaguer et al.,(1991) sobre la producción de frutos y el valor promedio de su peso en 13 tipos de tejocote que se desarrollan en Chapingo, México. Kosyakov, (1991) observó la existencia de una gran variación en la floración, producción de frutos y cosecha entre los diversos cultivares de *Crataegus* en Ucrania. Estudios sobre 49 tipos de *Crataegus pubescens* colectados en diversos lugares durante 1986-1990 y plantados en el campo experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo, mostraron una amplia diversidad genética, particularmente en las características de la flor y fruto, esto fue documentado por Nieto et al., (1992). Christensen (1992), estudió el patrón de variación en poblaciones de *Crataegus* en 24 sitios en Grecia durante 1987, mostrando evidencias morfológicas de hibridización e introgresión entre *C. heldreichii* y *C. pycnoloba*; *C. heldreichii* y *C. monogyna* y *C. rhipidophylla*, su estudio revela que esta hibridación es baja comparados con la hibridación entre especies del centro y norte de Europa, lo cual puede ser explicado, en parte, por la mayor distancia en especies griegas. Zhang et al., (1993) efectuaron experimentos en una huerta de *Crataegus* durante 1988 a 1991 en China, aplicaron Paclobutrazol al suelo donde se desarrollaron 16 variedades del vegetal, en una dosificación de 150 y 250 mg/árbol, observaron que se reduce el crecimiento de los árboles aumentando su ramificación, a los tres años la altura se redujo pero se incrementó su rendimiento. Qrunfleh,(1993) trabajó con *Crataegus azarollus*, el cual fue injertado con pera y manzana con el fin de definir su compatibilidad, control de crecimiento, precocidad y dulzura, en cuatro años de observación, se obtuvieron buenos resultados en pera Williams y manzana Golden Delicious.

Obeso y Herrera, (1994) en su estudio para analizar cualitativamente los patrones de variación intra e inter-específicos en ciertos caracteres de frutos carnosos (longitud, ancho, pulpa, masa de semilla, porcentaje masa-pulpa) en ocho especies españolas dispersadas por vertebrados entre variedades de *Crataegus monogyna*, mostraron una gran variabilidad individual estadísticamente significativa ($P < 0.05$). En los cinco rasgos del fruto, la variabilidad individual tiende a ser más grande para la pulpa y masa de semilla (CV de promedio individual variando de 20 a 30%) y más pequeño para el ancho y longitud del fruto y para proporción de la pulpa (CV de 5 a 12%); la variación en los rasgos del fruto (67-88%) fue acreditada para su afiliación taxonómica, mientras el resto de las variantes fué similarmente proporcional entre y dentro de especies individuales. Todos los frutos tratados en todas las especies, exhiben una alta proporción de variación entre los individuos. Borys y Vega, (1994) colectaron frutos de los árboles en los estados de Puebla, Chiapas y México, con el fin de evaluar las características sobresalientes desde el punto de vista del fruticultor, así, el peso fresco promedio de los frutos en diversos árboles de Chiapas fluctuó de 0.8 a 3.2g; en Puebla de 2.1 a 16.6 g y en México de 4.8 a 20.8 g. Respecto al color, en los estados de Puebla y México, se obtienen frutos de color amarillo o anaranjado, mientras que en el estado de Chiapas, su cáscara es roja y su pulpa amarillo pálida, en igual forma, se encontró una alta variabilidad en el olor de los frutos.

Manejo del cultivo

Chavez, (1970) al trabajar con *Crataegus pubescens*, en México, señala, que prospera en épocas de lluvia en los meses de mayo, junio y julio, pero se desarrolla mejor con riegos auxiliares, expone, que para su comercialización, el tejocote, se clasifica, de acuerdo al tamaño y coloración de los frutos. La CONAFRUT (1972), indica que la cosecha se realiza durante los meses de octubre y noviembre realizándose la cosecha máxima; la cosecha media en los meses de septiembre y diciembre y los meses de agosto y enero se obtiene la cosecha mínima. Manjarrez, (1981) recomienda escarificar la semilla lo que incrementa la germinación de un 41% hasta un 93.3%. Borys y Vega, (1984) señalan que el tamaño, coloración, sabor y olor son características importantes en el valor comercial del fruto. Englert et al., (1993) en sus estudios observaron que la desecación, durante el manejo post-cosecha de especies deciduas tiene un reflejo en la muerte y sobre el rebrote después del transplante, presentan en su trabajo, el porcentaje de muerte o daño, en períodos diferentes. Estos autores probaron compuestos formadores de una película (latex emulsificado), el cual es un

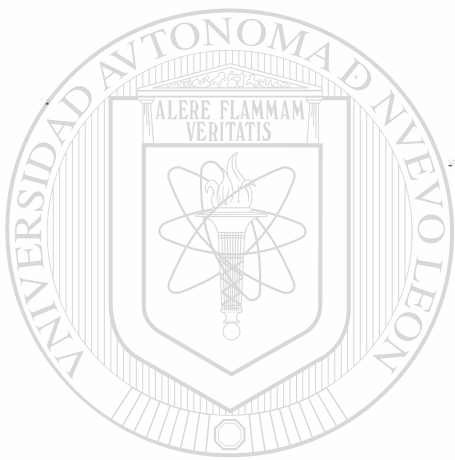
humectante antidesecante que fue el más efectivo para evitar la desecación durante el establecimiento

Condiciones ecológicas que influyen en la productividad

Borys et al., (1984) evaluaron algunas características de la semilla en árboles procedentes en los estados de Chiapas, México y Puebla; con respecto al peso fresco del fruto, los más altos valores los encontraron en los frutos procedentes del Estado de México, mientras que los de menor peso procedían del estado de Chiapas, en cuanto al número de semillas por fruto, existe variabilidad con un mínimo de 2.9 para los árboles colectados en Puebla a un máximo de 4,9 para los procedentes de Chiapas. Respecto al peso de la semilla existen diferencias significativas ($P < 0.05$) aún entre árboles de la misma procedencia; las semillas de árboles procedentes de Puebla y México, presentan mayores porcentajes de embriones, encontrándose las mejores correlaciones entre peso y volumen del fruto. En cuanto al suelo, Delgado et al., (1984) encontraron que un sustrato bajo el cual crece el tejocote, es de textura franco, con migajón arcilloso muy profundo o de poca profundidad con tepetate calcáreo en el fondo; el pH varía de 5.81 a 7.95, la conductividad eléctrica es de 0.22 a 0.99 mmh cm^{-1} la materia orgánica de 0.26 a 2.92%, el contenido de nitrógeno de 0.07 a 0.25%, el fósforo de 14.7 a 232.7 ppm, el K, Ca, Mg y Na, en el extracto de saturación estuvieron dentro del rango normal. Cruz San Pedro et al. (1984), en su estudio del comportamiento de plántulas de tejocote en suelos calcáreos, mostraron, en su mayoría una gran susceptibilidad a la clorosis, se determinó por la cantidad de hojas cloróticas por planta en relación al contenido de carbonato cálcico.

Al evaluar el estado nutricional de dos huertos de tejocote, Delgado et al., (1994) relacionaron el tamaño promedio de las hojas con la concentración de los nutrientes, se encontró que el Ca^{++} , tuvo efectos negativos sobre el tamaño y N, K, Zn, P y Mg fueron positivos, en relación con la concentración de los nutrientes de las hojas. En otros estudios de los mismos autores muestran un análisis de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Mn y Zn en brotes vegetativos y fructíferos, señalan que no se presentaron diferencias significativas entre los huertos con diferente número de árboles. Espinoza et al., (1984), en su estudio sobre el tejocote mejorado señala un rendimiento de 94%, los huertos objeto de observación, crecieron vigorosos y lograron en seis meses el tamaño ideal para el transplante. Delgado y Borys, (1994) reportaron en la clorosis férrica una deficiencia de Mn y Zn, encontrando en las hojas de la corona, una clorosis marginal extendida en la nervadura lateral dejando una banda verde alrededor de las nervaduras

laterales, este tipo de clorosis probablemente esté relacionado con un bajo nivel de Mn en el follaje.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ORIGINALIDAD

Hasta la fecha no existen estudios que relacionen los factores causantes de la complejidad de la hibridación en *Crataegus*. Para detectar dicha relación se han evaluado diversos caracteres morfológicos que conduzcan a organizar los grupos de estas accesiones, las cuales han demostrado una alta complejidad derivada de su gran hibridación. La definición de las características morfoanatómicas lleva a contribuir al conocimiento estructural de estos vegetales ya que en las especies de origen mexicanas, no se reportan estudios de carácter morfoanatómico, lo que contribuiría a aclarar las afinidades entre las diversas accesiones y sus relaciones con los factores ambientales para mejorar su productividad determinante en las actividades socioeconómicas de las personas que dependen poeriódicamente de ellas.

HIPOTESIS

El conocimiento de la variabilidad de las características morfoanatómicas de *Crataegus pubescens* contribuirá a definir el grado de complejidad entre las accesiones, característica que podrá ser considerada, en un futuro, en su definición sistemática, además de definir la relación de la modificación estructural a las condiciones del ambiente.

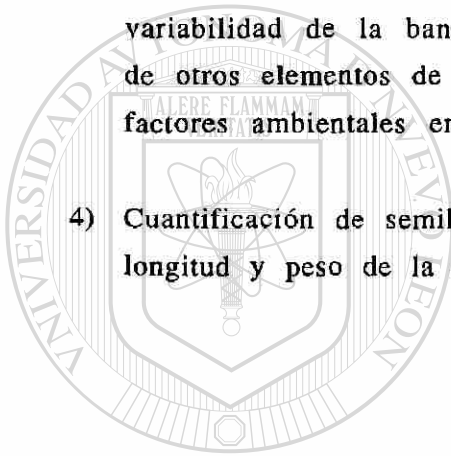
OBJETIVOS

Generales:

Evaluar las diversas accesiones de *Crataegus pubescens* con el fin de definir las características morfoanatómicas y las modificaciones existentes en las accesiones desarrolladas en plantación bajo condiciones edafoclimáticas del campo experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México y las especies colectadas en Nuevo León, México. Presentar las bases del conocimiento anatómico para clarificar las afinidades que permita en el futuro aclarar sus relaciones entre las accesiones y comprender sus mecanismos de adaptación a los factores ambientales.

Específicos:

- 1) Definir las características morfológicas y calidad de la madera de tallos, con la finalidad de determinar su carácter evolutivo y corroborar su grado de hibridización.
- 2) Conocer la variabilidad morfológica de las hojas y fruto, mediante estudio de las características cualitativas, cuantitativas y las variaciones epidérmicas, caracterizando sus estructuras en relación a los factores ambientales.
- 3) Determinar la anatomía estructural del pedúnculo, caracterizar la variabilidad de la banda vascular relacionándola con número y tamaño de otros elementos de conducción para conocer la influencia de los factores ambientales en relación al tamaño del fruto.
- 4) Cuantificación de semilla y evaluación de la variabilidad en tamaño, longitud y peso de la semilla, entre diferentes accesiones de *Catragus*.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

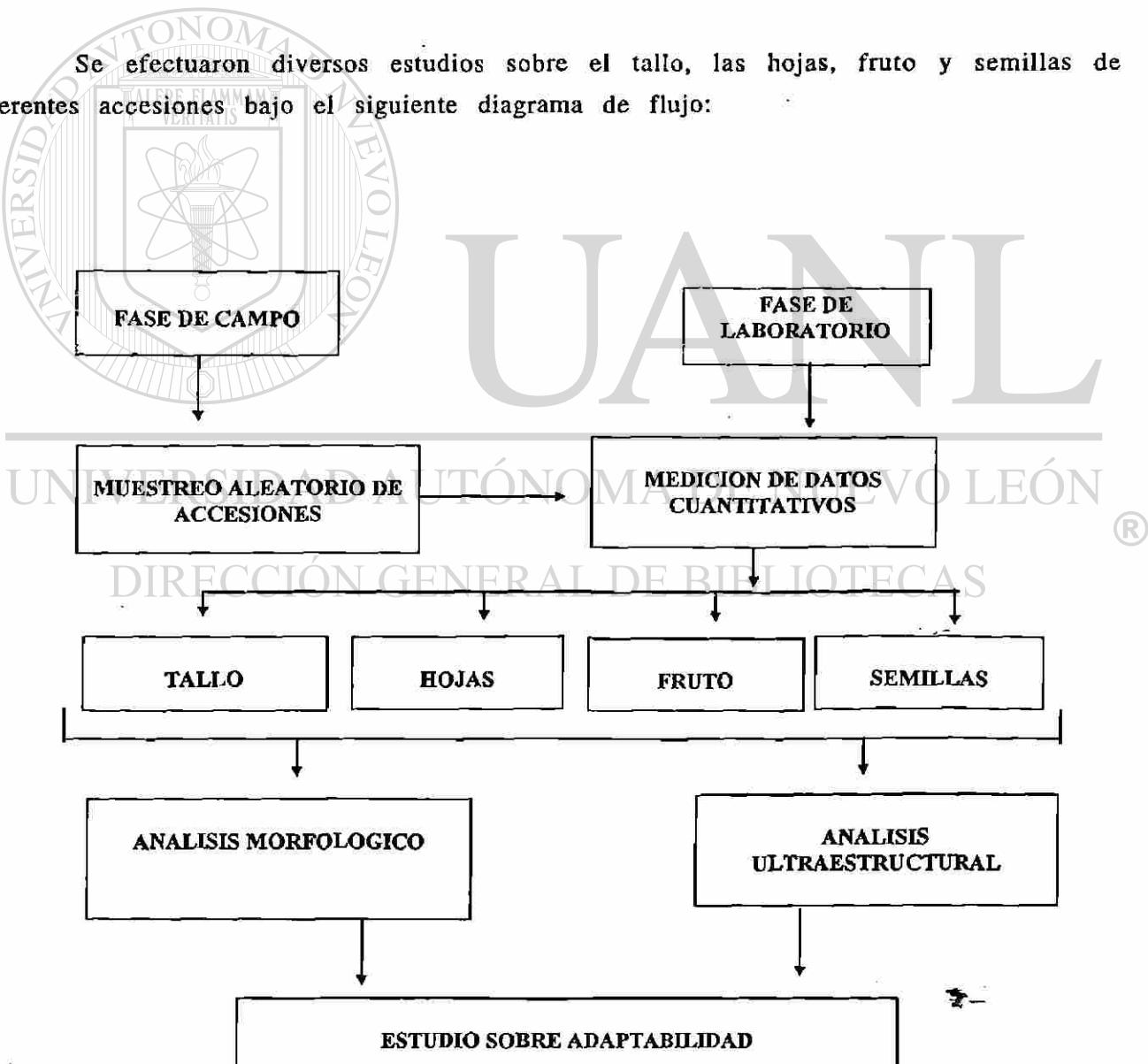


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MATERIALES Y METODOS

Para confirmar la existencia de la variabilidad en hojas, tallos y frutos de diversas accesiones de *Crataegus pubescens*, se efectuaron estudios taxonómicos, morfológicos y ultraestructurales con el fin de poder clasificar las 126 accesiones seleccionadas inicialmente, en grupos y/o genotipos de características biológicas similares tomando en cuenta las condiciones ambientales originales de su procedencia y las condiciones de plantación (adaptación) en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Chapingo. Estas agrupaciones nos permitirán señalar conclusiones acerca del grado de heredabilidad y la hibridación entre diferentes accesiones y su adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas distintas del norte, centro y sur de México.

Se efectuaron diversos estudios sobre el tallo, las hojas, fruto y semillas de diferentes accesiones bajo el siguiente diagrama de flujo:



Para confirmar la existencia de la variabilidad en las diversas accesiones de *Crataegus pubescens* (HBK) Steud, se desarrolló un muestreo aleatorio simple de tallo, hojas, fruto y semillas, de acuerdo con la metodología propuesta por Cochran, (1990) se obtuvo de cada una de ellas un número diferente de muestras.

Características Edafoclimáticas de sitios de muestras

Las 126 accesiones estudiadas corresponden a *Crataegus pubescens* las cuales están adaptadas a las condiciones del campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Chapingo, México. Estas procedencias son originarias de los estados de México, Chiapas y Puebla, además algunos ejemplares colectados provienen de Santa Catarina, Nuevo León, México.

Tabla 1: Características edafoclimáticas de las zonas de procedencia de los ejemplares estudiados

| Procedencia | Temperatura °C | Precipitación mm | Altitud msnm | Latitud | Número de accesiones |
|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------|---------|-------------------------|
| México | 12.6 | 785.5 | 2300 | 20°17' | 41 |
| Chiapas | 14.4 | 1186.8 | 2120 | 17°58' | 50 |
| Puebla | 16.7 | 955.4 | 2160 | 19°15' | 30 |
| Santa Catarina, N.L. | 20.5 | 449 | 680 | 25°45' | 15 |

Se determinaron las características fenológicas de los vegetales y las variaciones correspondientes durante el estudio, se seleccionaron, mediante muestreo aleatorio simple, diferentes accesiones para obtener muestras de vástagos maduros de tallos, hojas (2 a 3) y frutos de cada accesión.

Para las hojas se seleccionaron 98 accesiones repartidas en dos lotes:

a) Lote J 41 cuyos árboles provienen de semillas, comprende 49 accesiones, las hojas colectadas de estas accesiones se originaron de:

- Brote corto en fructificación (F)
- Brote corto vegetativo (V)
- Brote largo vegetativo (L)
- Brote largo en fructificación (L F)

b) Lote J 42 de árboles de propagación por injerto, injertado sobre patrón de semillas, este lote abarca también 49 accesiones al igual que el lote anterior (Tabla 2)

Tabla 2: Accesiones selecciones para el estudio morfoanatómico de las hojas.

Lote J 41:

| | | | |
|----------------|--------------|-------------|-------------|
| H 1/2 F,LF,LV. | H 2/30LV | H 3/30 V,F. | H 6/4 LF |
| H 1/3 F,V. | H 2/32 LV.V | H 3/39 F | H 6/14 LV. |
| H 2/1 F,LV. | H 2/33 LF. | H 4/5 LV | H 6/25 LV |
| H 2/2 F,LV. | H 2/43 LV, | H 4/13 LV. | H 6/27 LV. |
| H 2/3 F,LV. | H 3/1 LV,F. | H 4/18 LV. | H 8/3 LV. |
| H 2/6 V,LV. | H 3/4 F. | H 4/33 LV. | H 8/10 LV. |
| H 2/11 F,LV. | H 3/6 F,LV. | H 4/43 LV. | H 9/3 LV. |
| H 2/15 LV | H 3/8 LF,LV. | H 4/44 LV. | H 10/3 LV |
| H 2/19 F,LV. | H 3/11 LV. | H 5/6 LV. | H 10/29 LV. |
| H 2/21 F,LV. | H 3/19 LV. | H 5/8 LV. | H 10/32 LV. |
| H 2/26 F | H 3/21 LV. | H 5/10 LV. | |
| H 2/27 F. | H 3/23 LV. | H 5/43 LV. | |
| H 2/29 F. | H 3/27F,LV. | H 6/1LV. | |

Lote J42:

| | | | |
|-------------|-------------|-------------|----------------|
| H 1/3 V. | H 9/37 LV. | H 21/43 LV. | H 34/64 LV. |
| H 2/11LV,F. | H 10/42LV. | H 22/50 LV. | H 35/6 LV. |
| H 3/14 LV. | H 12/56 LV. | H 23/60LV. | H 37/17 LV. |
| H 4/6 LV. | H 13/58 F. | H 25/6 LV. | H 38/21 LV. |
| H 5/11 V. | H13/63 LV. | H 26/14 LV. | H 39/27 LV. |
| H 5/14 LV. | H14/5LV. | H 27/19 LV. | H 42/46 LV. |
| H 6/19LV. | H 15/9 LV. | H 29/33 LV. | H 43/43 LV. |
| H 7/25 LV. | H 16/17 LV. | H 30/39 LV. | H 44/58 LV. |
| H 7/64 LV. | H 17/19 LV. | H 31/43 LV. | H 46/5 LV. |
| H 8/31 LV. | H 18/25 LV. | H 31/45 LV. | H 47/11 LV. |
| H 8/59 LV. | H 19/31 LV. | H 32/51LV. | H 48/20 |
| H 9/1 LV. | H 20/38 LV. | H 33/54 LV. | H 50/31 LV. |
| | | | H 52/31 F, LV. |

Tabla 3. Accesiones seleccionadas para el estudio morfoanatómico del fruto.

Lote J41:

| | | | |
|--------|--------|---------|---------|
| H 1/3 | H 3/3 | H 13/44 | H 8/10 |
| H 2/2 | H 3/4 | H 4/6 | H 8/13 |
| H 2/13 | H 3/6 | H 4/34 | H 8/14 |
| H 2/4 | H 3/11 | H 4/38 | H 9/3 |
| H 2/5 | H 3/14 | H 4/42 | H 9/6 |
| H 2/15 | H 3/15 | H 4/44 | H 9/7 |
| H 2/19 | H 3/19 | H 5/1 | H 9/8 |
| H 2/21 | H 3/27 | H 5/30 | H 9/13 |
| H 2/27 | H 3/30 | H 5/38 | H 9/18 |
| H 2/29 | H 3/32 | H 5/41 | H 9/25 |
| H 2/30 | H 3/35 | H 5/43 | H 9/46 |
| H 2/32 | H 3/36 | H 6/25 | H 10/29 |
| H 2/38 | H 3/37 | H 6/27 | H 10/32 |
| H 2/42 | H 3/38 | H 8/3 | H 10/45 |
| H 3/2 | H3/40 | | |

Lote J 42:

| | | | |
|--------|---------|---------|---------|
| H 2/9 | H 9/61 | H 23/58 | H 43/50 |
| H 3/13 | H 10/34 | H 25/8 | H 44/57 |
| H 4/7 | H 10/40 | H 32/52 | H 45/64 |
| H 7/25 | H 12/55 | H 34/60 | H 46/4 |
| H 7/60 | H 13/63 | H 34/63 | H 47/10 |
| H 8/59 | H 14/6 | H 35/1 | H 48/17 |
| H 8/32 | H 15/8 | H 35/5 | H 50/31 |
| H 9/1 | H 22/50 | H 42/46 | H 35/1 |
| H 9/34 | H 7/22 | | |

Fase de laboratorio

Estudio Taxonómico

Se desarrolló en el laboratorio de taxonomía de plantas superiores y de anatomía y fisiología vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L., se determinaron los ejemplares obtenidos para rectificar o confirmar los taxa empleando literatura especializada empleando floras regionales con apoyo de ejemplares de herbario depositados en el herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas y de Ciencias Forestales de la U.A.N.L..

Estudios Histológicos de los Componentes: Tallo, Hojas, Pedúnculo y Frutos

Con el fin de conocer las modificaciones anatómicas se procedió al estudio de tallo, hojas, pedúnculo y frutos.

Dadas las variantes externas y las modificaciones existentes en las diversas accesiones se seleccionaron fragmentos de vástagos maduros de tallos de 12 accesiones, tomando en cuenta como una muestra representativa de 126 accesiones, con el fin de determinar las características del xilema, estos fragmentos se sometieron a un proceso de maceración para disolver la sustancia de unión de los paquetes vasculares, se utilizó la técnica de Radford, (1974) la técnica comprende los siguientes pasos:

- a) Fragmentos de tallo (2 cm) se colocaron en tubos de ensaye conteniendo una solución de ácido nítrico concentrado.
- b) Se coloca el tubo de ensaye en baño maría hasta obtener el punto de ebullición con el fin de separar el material vegetal.
- c) Se retira el tubo de ensaye de baño maría hasta obtener la temperatura ambiente, luego el contenido somete a lavado en agua corriente con el fin de eliminar completamente el ácido nítrico.
- d) Deshidratar, utilizando sucesivamente alcohol de 50%, 75%, 95% y 100%, cinco minutos en cada uno.
- e) Tinción en safranina al 1% (1gr de safranina en 100 ml de alcohol al 50%) durante cinco minutos.
- f) Lavado en agua destilada.
- g) Montar en glicerina para su observación.

Determinación de las Características Morfológicas y Estructurales de las Hojas:

Se estudiaron las características morfológicas determinando su persistencia, margen, venación, forma, textura y características heteroblásticas en las 126 accesiones. Con el fin de proponer mediante una vía posible la adaptación foliar, las accesiones se agruparon en 10 clases de hojas tomando en cuenta sus características morfológicas comunes.

Para efectuar el análisis cuantitativo, se obtuvieron datos de las hojas provenientes de 126 accesiones, los parámetros medidos fueron: longitud, ancho foliar y número de nervaduras.

Para el desarrollo del estudio anatómico se seleccionaron 14 accesiones considerando como representativo de la población en estudio, con el fin de determinar las diferencias en el número de estomas (mm^2), número de glándulas en el haz (mm^2), número de glándulas en el envés (mm^2), número de tricomas en el haz (mm^2), número de tricomas en el envés (mm^2), número de areolas en el haz (mm^2), número de areolas en el envés (mm^2), número de venas en el haz y número de venas en el envés. Las hojas se procesaron en base a la técnica propuesta por Gaviño, (1974). Esta metodología consiste en el siguiente proceso:

- a) Se colocaron los fragmentos de la hoja en caja de Petri cubriéndose con NaOH al 5%.
- b) Se mantuvo en una estufa a 37°C durante 8 días.
- c) Lavado prolongado en agua destilada y se mantuvo por varios minutos en alcohol al 10%.
- d) Tinción durante 15 a 20 minutos con Hematoxilina de Harris-Delafield.
- e) Lavado en agua acidulada por 5 segundos.
- f) Lavado en agua corriente hasta obtener una coloración azul.
- g) Deshidratar sucesivamente en alcohol de 50%, 70%, 90% y 100%. durante 3 minutos en cada uno.
- h) Aclarar en esencia de clavo.
- i) Contrastar, utilizando partes iguales de Orange G y esencia de clavo.
- j) Lavar en esencia de clavo.
- k) Aclarar en Xilol.
- l) Montar en portaobjeto y resina.

Estructura de la Epidermis

Ultraestructura: Para definir la ultraestructura del haz y del envés mediante el microscopio electrónico de barrido se realizaron los siguiente procesos:

- a) Se obtuvo muestra de cutícula foliar (1 cm.²)
- b) Montar en base de aluminio.
- c) Deshidratar a temperatura ambiente.
- d) Cubrir con oro.
- e) Observación en Mini SEM ISI a 15 KV.
- f) Impresión en película Polaroid polapan Pro-100.

En el estudio del haz se obtuvieron muestras de las 10 accesiones H10/27; H9/34; H8/61; H8/11; H9/14; H37/60; H8/ 2; H49/13; H10/4 y H4/29, representativo con el fin de determinar las características de la superficie epidérmica y corroborar la presencia de estomas.

Para el estudio del envés se obtuvieron datos de las accesiones J41 H2/32; J42H3/14; J41H2/11; J42H13/57; J41H3/8; y 201, para definir los tipos de estomas, se determinaron las características de la cera epicuticular y la presencia de cristales y tricomas en ambas estructuras.

Morfología e histología del pedúnculo

Se seleccionaron 30 frutos respresentativos de las accesiones colectadas obteniendo las medidas correspondientes a su diámetro ecuatorial y polar de éstos, se obtuvieron los respectivos pedúnculos, se efectuó un corte transversal en cada uno para definir el ancho total y número total de haces de la banda vascular, tamaño del haz y grosor del floema, se procesaron mediante la técnica de tinción rápida con safranina y montaje temporal en glicerina. Se seleccionaron 6 accesiones representativas, dos de mayor tamaño, dos de tamaño intermedio y dos de menor tamaño, de los cuales se obtuvieron muestras del pedúnculo macerándose para medir las células de criba con el fin de definir las variaciones en los conductos vasculares y su relación con el tamaño del fruto, para lo anterior se utilizo la técnica de Radford, (1974).

Características Morfológicas e Histológicas de Frutos

Para el estudio de los frutos se seleccionaron en forma aleatoria 82 accesiones, como una muestra representativa de la población. Se seleccionaron 15 frutos en forma aleatoria, con el fin de determinar los parámetros cuantitativos correspondientes a su peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso seco de la pulpa, peso de la semilla, longitud de la semilla, diámetro ventral y diámetro dorsal de la semilla. La variabilidad de los diversos caracteres se estimó por medio de la variación genética en base a sus características obtenidas en peso, diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso seco de la pulpa y peso de la semilla de acuerdo con Allard (1960). De acuerdo con el autor la varianza genética, (V_g) se calcula como:

$$V_g = \frac{SCM - SCE}{r}$$

donde:

SCM = La suma del cuadrado medio de las variaciones

SCE = La suma del cuadrado medio del error (la varianza)

r = El número de repeticiones

La Heredabilidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_g/V_p \times 100$$

donde:

$$V_p = V_g + SCE$$

El Avance Genético (AG) viene dado por:

$$AG = \frac{V_g}{V_p} \times K$$

donde:

K = La selección diferencial de la desviación fenótica (con $\alpha = 0.05$ y

K = 2.06)

También se determinó el grosor de la cutícula en el fruto de 16 accesiones, obteniéndose en cada caso una fracción de la cutícula mediante un corte manual con el fin de determinar el diámetro respectivo.

En cuanto a la ultraestructura de la cutícula se seleccionaron 16 accesiones para ser observadas mediante el microscopio electrónico de barrido mediante la técnica anteriormente señalada, con el fin de definir el tipo de cera, características de su superficie y el número y tamaño de las lenticelas.

Diseño experimental y análisis estadístico de los datos

Los datos cuantitativos fueron analizados de acuerdo a un diseño de bloques completamente aleatorios. Los datos sobre la morfología de las hojas y de frutos se sometieron a un análisis de varianza simple, utilizando el programa SPSS y Statgraphics versión 4.0.

Las comparaciones múltiples sobre cada variable cuantitativa entre las accesiones o grupos de accesiones se efectuó mediante la prueba de Tukey (Zar, 1996).

Las relaciones funcionales entre las variables de fruta (peso, diámetro ecuatorial y polar, número de semillas, peso de pulpa) se realizó mediante el análisis de regresión y correlación múltiple. Se determinó el grado de variabilidad y su relación de las hojas mediante un análisis discriminante.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESULTADOS

Anatomía del xilema secundario

Con el fin de conocer las características de la madera se obtuvieron muestras de 12 accesiones para evaluar las características y disposición de los elementos del xilema secundario, destacando la presencia de vasos muy largos y angostos, con ápices inclinados y puntuaciones elípticas. Estas características primitivas indican el carácter evolutivo de esta familia. Analizando los elementos del xilema, los vasos y fibras muestran una gran variación entre las accesiones evaluadas, indicando un alto grado de hibridación reflejado en una alta diversidad que conservan su carácter primitivo.

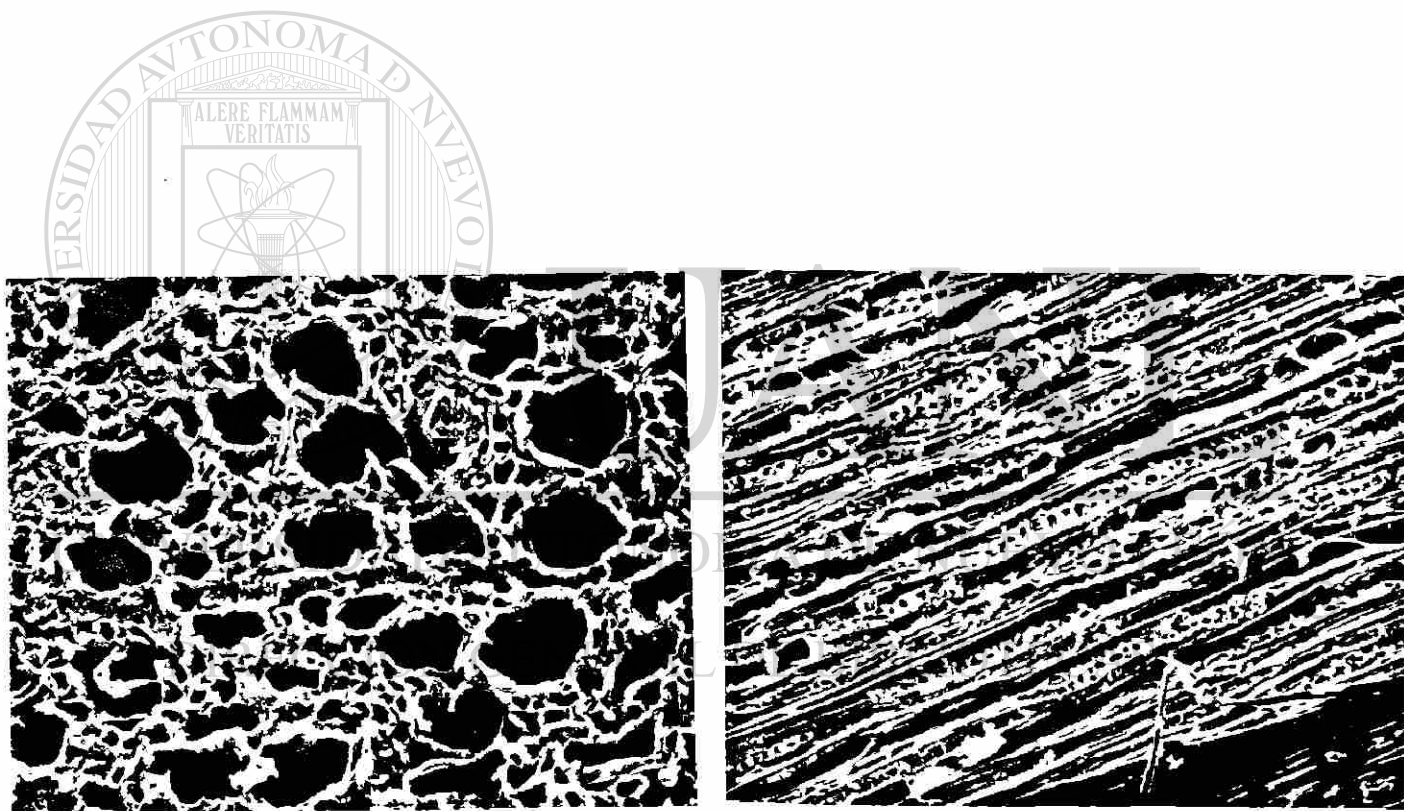


Figura 1 a

Figura 1 b

Figura 1 a) Corte transversal de xilema secundario de *Crataegus* se observan vasos de tamaño regular de diámetro variado y paredes gruesas con parenquima paratraqueal incompleto, poros de tamaño irregular. b). Corte longitudinal de xilema secundario de *Crataegus*, se observan radios de longitud variada, uniseriados y biseriados con fibras lignificadas 100X.

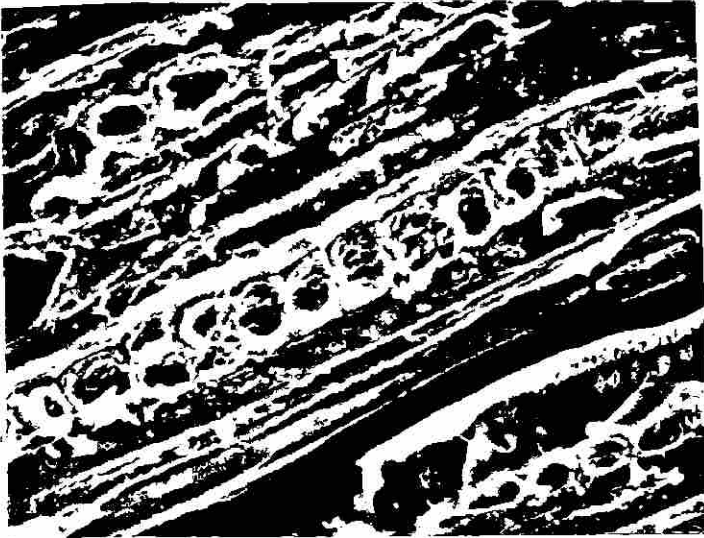


Figura 2 a

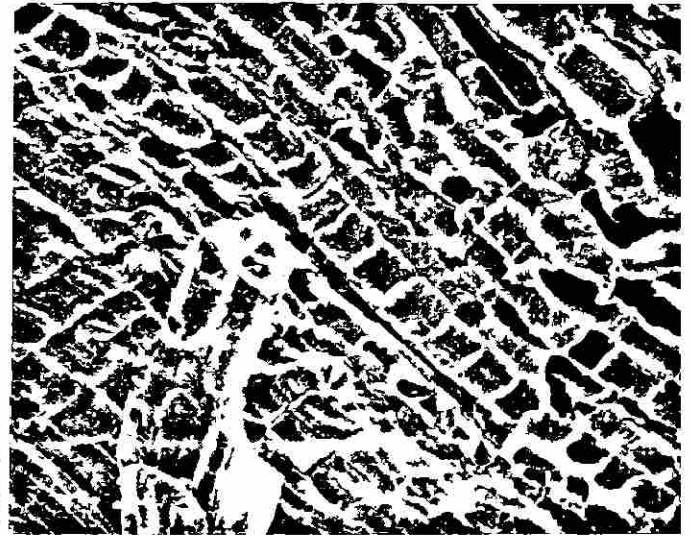


Figura 2 b

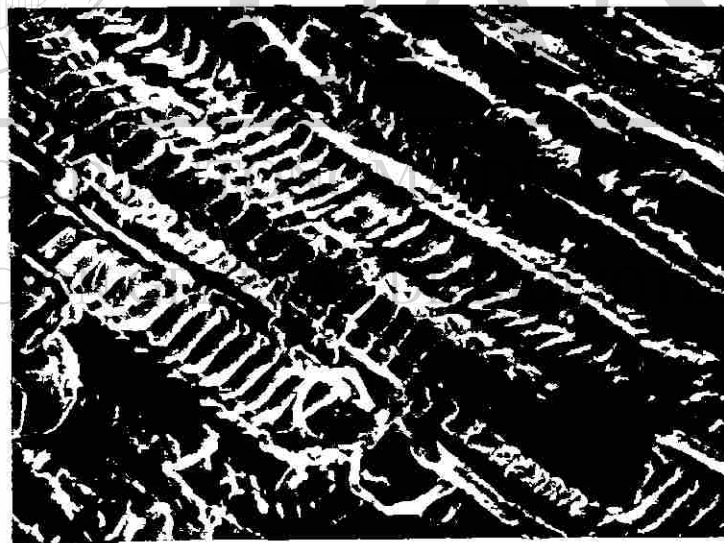


Figura 2 c

Figura 2 a) Sección longitudinal de xilema secundario mostrando radios uniseriados y biseriados, 400X. b) Sección tangencial de xilema secundario mostrando radios en forma cúbica 400X. c) Sección longitudinal del xilema secundario con estratificación anular 400X.

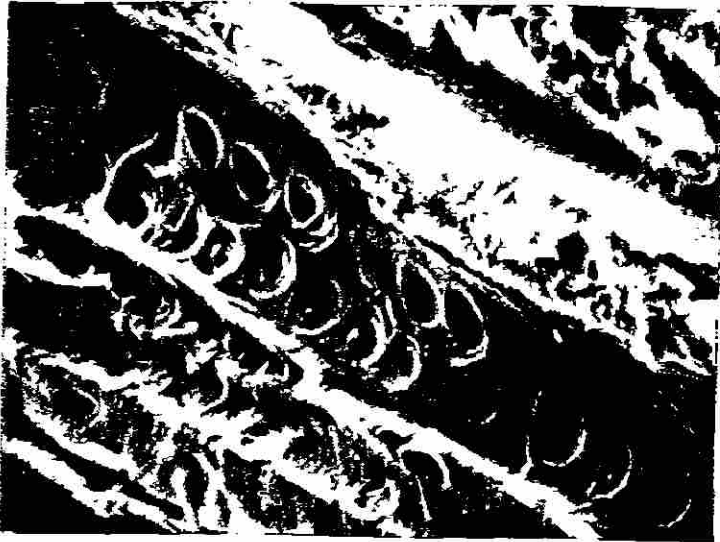


Figura 3 a

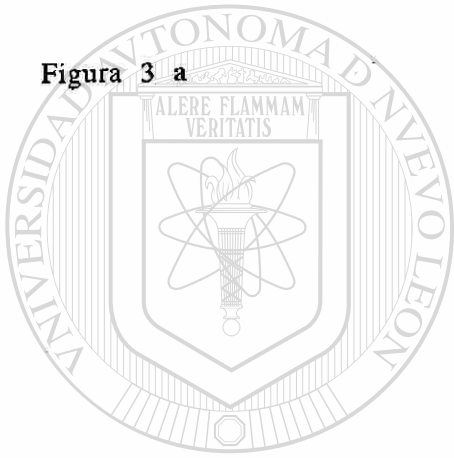


Figura 3 b

Figura 3 a) corte longitudinal del xilema secundario con puntuaciones elípticas y opuestas. 400X. b) corte longitudinal del xilema secundario mostrando vasos cilíndricos con puntuaciones elípticas y espaciadas, las puntuaciones de borde son alternas indicando un carácter primitivo 400X.

Variabilidad de las características anatómicas del xilema secundario

Se obtuvieron los valores promedio de los componentes del xilema secundario como longitud y ancho de la fibra y vaso y el grosor de la pared de la fibra (Tabla 4)

Tabla 4: Valores promedio de los elementos del xilema secundario

| Accesiones | Longitud | Ancho | Grosor de la pared | Longitud del vaso | Ancho de del vaso |
|------------|----------|-------|--------------------|-------------------|-------------------|
| J41 H2/15 | 789.96 | 16.58 | 4.62 | 470.50 | 38.61 |
| J42 46/19 | 723.50 | 13.88 | 3.74 | 426.00 | 36.92 |
| J42 38/21 | 674.50 | 12.89 | 3.38 | 395.50 | 29.09 |
| J41 H2/14 | 891.75 | 15.89 | 5.00 | 557.50 | 35.62 |
| J42 H4/10 | 901.75 | 12.70 | 4.56 | 497.25 | 37.40 |
| J41 H2/2 | 939.25 | 14.60 | 4.40 | 555.00 | 33.96 |
| J41 H3/62 | 718.25 | 14.90 | 2.29 | 399.25 | 43.64 |
| J | 950.00 | 15.70 | 4.34 | 510.00 | 45.18 |
| J41 H4/42 | 785.00 | 13.07 | 4.20 | 432.00 | 33.90 |
| J42 49/27 | 813.75 | 13.77 | 3.74 | 455.95 | 38.94 |
| J41 H2/1 | 965.65 | 13.27 | 4.50 | 541.00 | 29.31 |
| J42 33/55 | 848.50 | 15.07 | 3.82 | 349.50 | 36.57 |

El análisis de varianza de diferentes elementos del xilema secundario muestra diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre 12 accesiones estudiadas, en cada una de las variables, demostrando así la existencia de una amplia variabilidad entre los genotipos.

Tabla 5: Análisis de varianza de diferentes variables del xilema secundario

| Fuente de variación | G.L. | F _c |
|---------------------|------|----------------|
| LF | 11 | 6.63** |
| AF | 11 | 13.03** |
| GPF | 11 | 5.69** |
| LV | 11 | 9.73** |
| AV | 11 | 6.57** |

El análisis de comparación de media para la variable longitud de la fibra, muestra que la accesión J42 47/15 contiene una longitud promedio más alta con 798.96 micras en comparación a la accesión J42 9/60 que presenta los valores mas bajos con 845.5 micras. Para la variable grosor de la pared de la fibra, se obtuvieron valores de 3.38 micras en la accesión J42 9/60 y la máxima en la accesión J 41 H2/25 de 5.00 micras. Con respecto a la longitud del vaso se obtuvieron valores correspondientes a los extremos, la accesión J 41 H2/25 con 557.5 micras y la accesión J42 29/31 con 349.5 micras, con respecto a las variables del ancho del vaso, la accesión j42 H2/4 fue la de mayor grosor mientras que la de menor grosor corresponde a la accesión J42 9/60.

Variabilidad en la longitud de fibra de xilema secundario de 12 accesiones

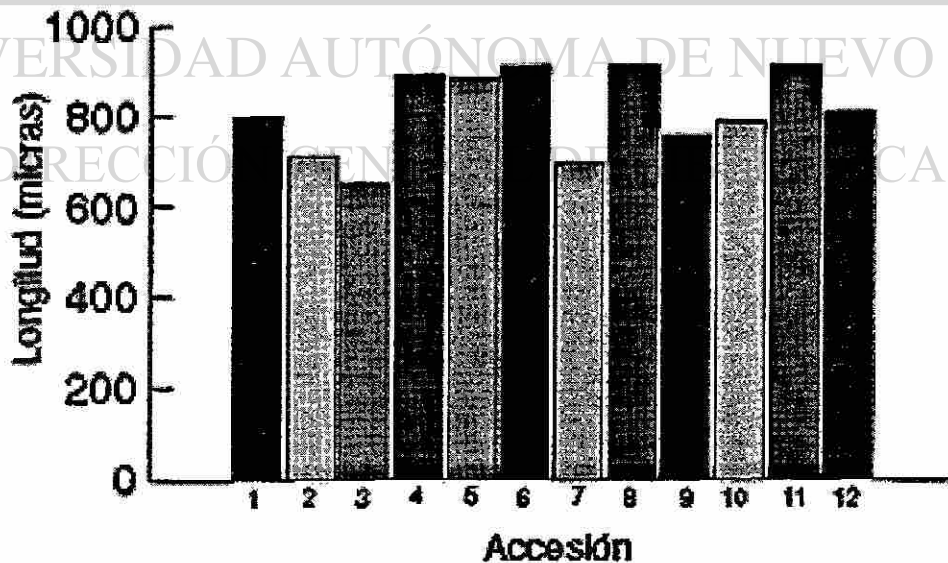


Figura 4

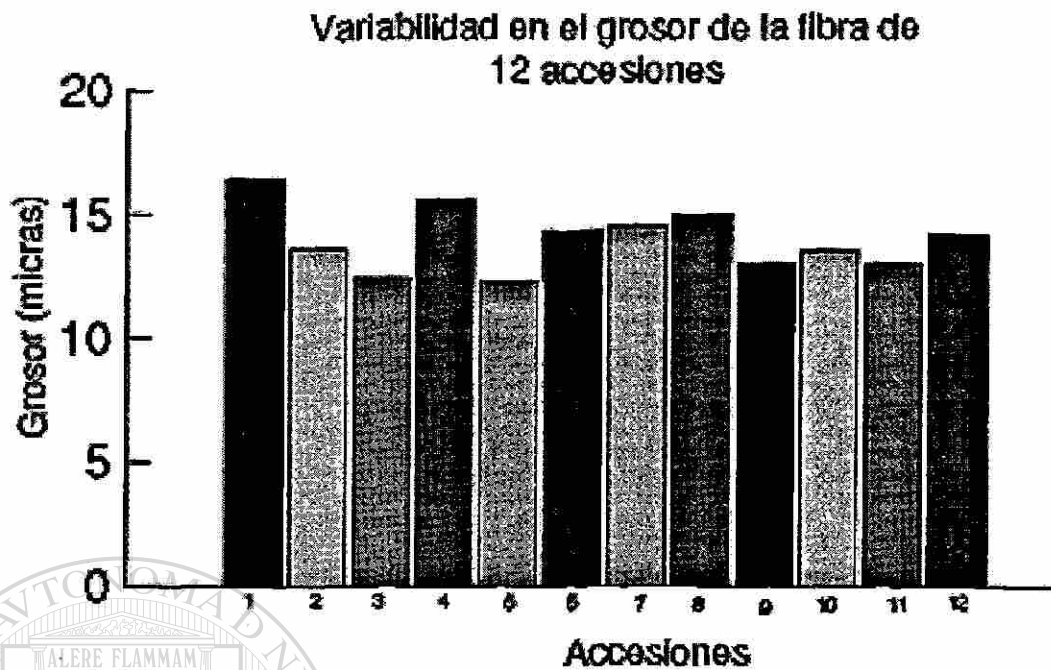


Figura 5

**Variabilidad en el grosor de la pared de las fibras de
xiloma secundario de 12 accesiones**

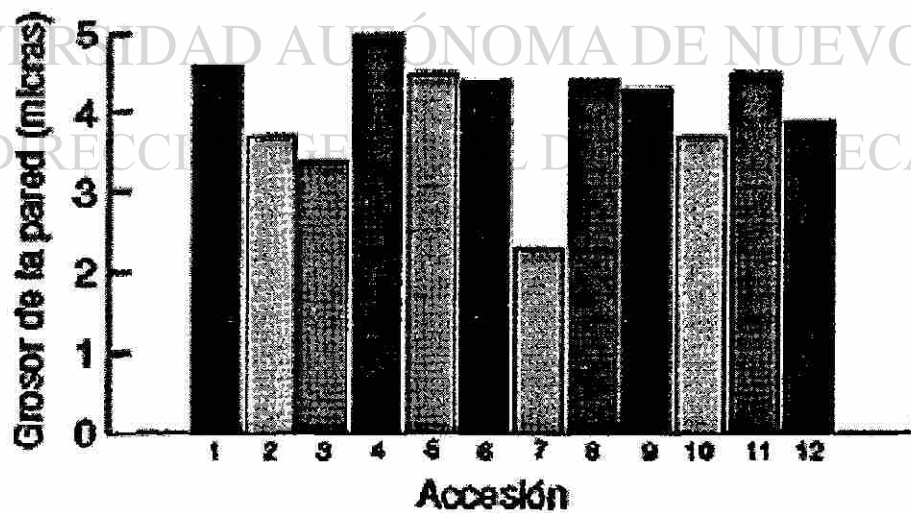


Figura 6

Variabilidad en la longitud de los vasos de xilema secundario de 12 accesiones

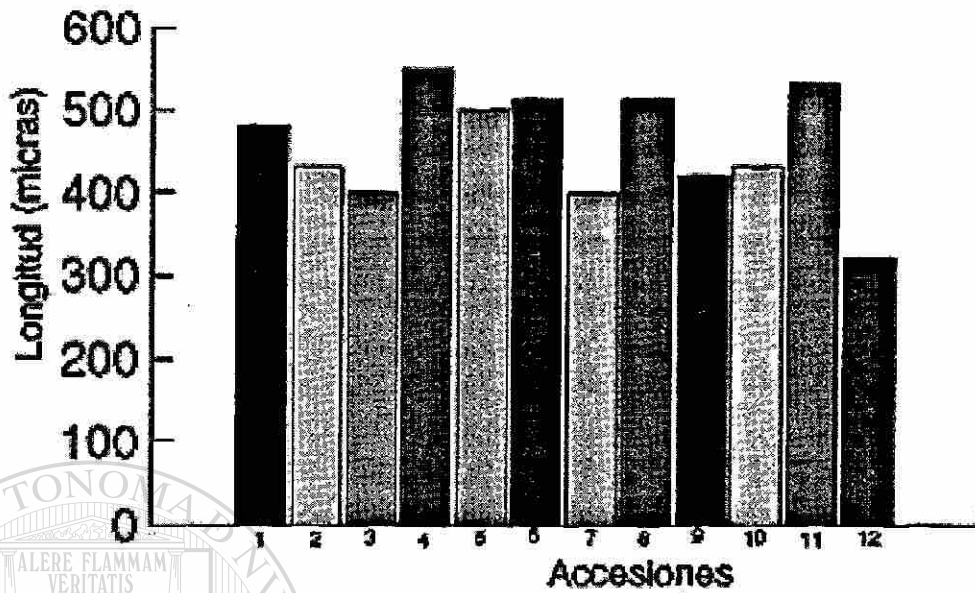


Figura 7

Variabilidad en el grosor de vasos de xilema secundario de 12 accesiones

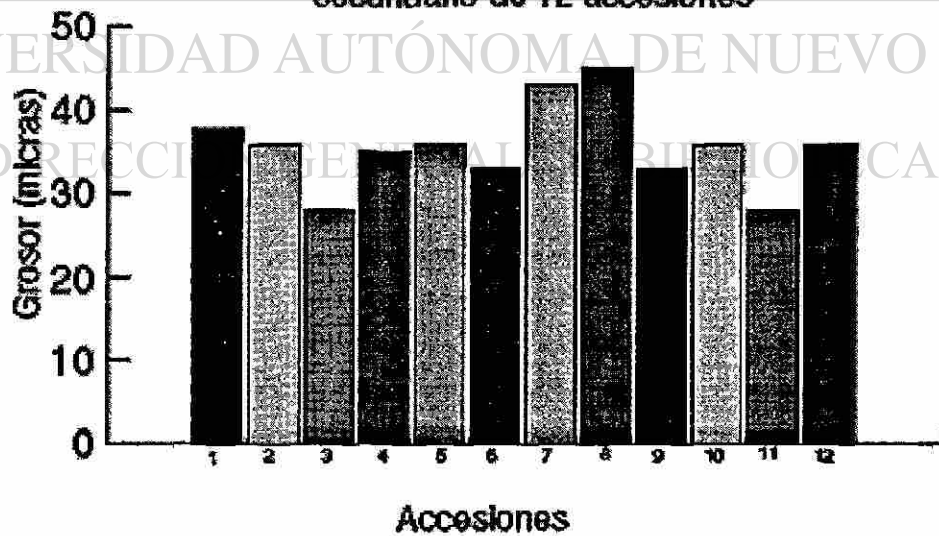
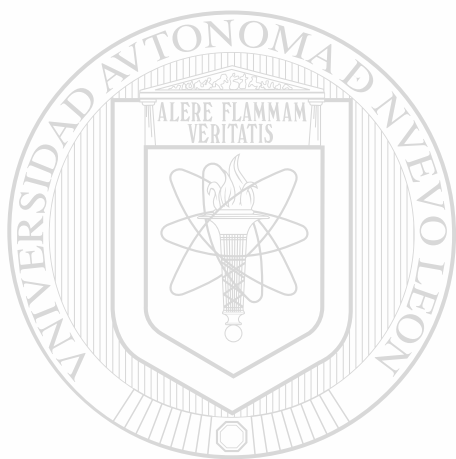


Figura 8

El análisis de correlación muestra valores altamente significativos ($P < 0.01$) entre la longitud de la fibra y la del vaso ($P < 0.01$) indicando que el desarrollo de la fibra y del vaso están vinculados con la división celular y con la elongación de las células derivadas del cambium. En igual forma, se determinó una correlación altamente significativa ($P < 0.01$) entre el grosor de la pared de la fibra y la longitud del vaso siendo de difícil interpretación, este análisis también presenta una correlación positiva ($P < 0.01$) entre la longitud de la fibra y el grosor de la pared de la fibra lo que indica que la elongación de la fibra y su crecimiento en el tejido vascular están relacionados con su resistencia proporcionándole mayor penetración.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Características morfológicas y anatómicas de las hojas

Generalidades

Al efectuar el estudio de los 126 accesiones, se evaluaron las diferentes características morfoanatómicas, encontrándose alto grado de variación foliar en la forma, tipo de borde, tamaño y número de nervaduras, corroborando lo expuesto por Phipps, (1990) quien evaluó diferentes líneas filogenéticas en las Maloideae.

No existe información respecto a su tendencia evolutiva y mecanismos de adaptación, por lo anterior, se examinó el material foliar provenientes de 126 accesiones, colectados en su fase de madurez, originadas en vástagos vegetativos, florales y en fructificación, esto con la finalidad de delimitar sus características morfológicas que permitan interpretar las variantes morfológicas y anatómicas observadas y su relación a condiciones ambientales; dada su amplia gama de modificaciones, se presenta un desglose de sus características:

Persistencia

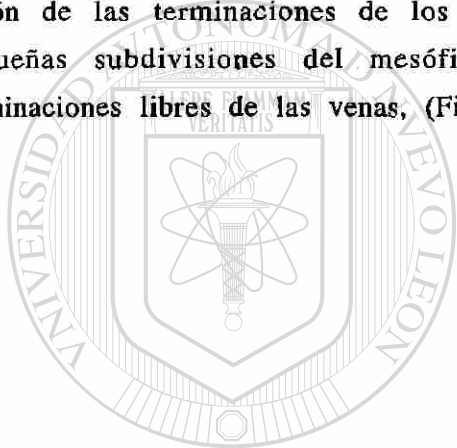
El carácter decidido es el predominante, un comportamiento diferente se observó en las accesiones que se desarrollan en óptimas condiciones de humedad, estas son de naturaleza semidecídua y ocasionalmente se consideran siempre verdes, durante otoño e invierno su aspecto es raquíptico.

Margen

Es muy variable, puede ser entero y muchas accesiones poseen dientes de tipo rosado, siendo más notorio hacia el ápice de la hoja y decreciendo en tamaño hacia la base, estos son predominantemente cerrados, ocasionalmente crenados, su tamaño y densidad varía en los diferentes genotipos; las características del margen presenta grandes modificaciones en un mismo ejemplar, el tamaño y densidad de los dientes es muy variable.

Venación

La disposición del sistema vascular en *Crataegus* es muy variable, de acuerdo a su disposición, la venación craspedódroma, es la más característica, es más consistente su presencia en hojas enteras y aserradas, es el único tipo de venación observada en hojas simples, se observa una correlación entre lóbulos, tipos de diente y tipo de venación secundaria, las hojas lobuladas poseen venación de tipo craspedódroma, en algunos casos las venas llegan también a la base del sinus, cuando se presentan hojas doblemente dentadas son también craspedódromas. Las venas más grandes se presentan en la porción media y las pequeñas divergen lateralmente a ella. Las venaciones menores muestran una gran cantidad de formas, las ramificaciones de estas venas dividen al mesófilo en series de polígonos sucesivamente más pequeños originados por la unión de las terminaciones de los haces o venas, extendiéndose por dentro de las más pequeñas subdivisiones del mesófilo integrando la aréola, la cuál puede tener o no terminaciones libres de las venas, (Figuras 9, 10, 11 y 12).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

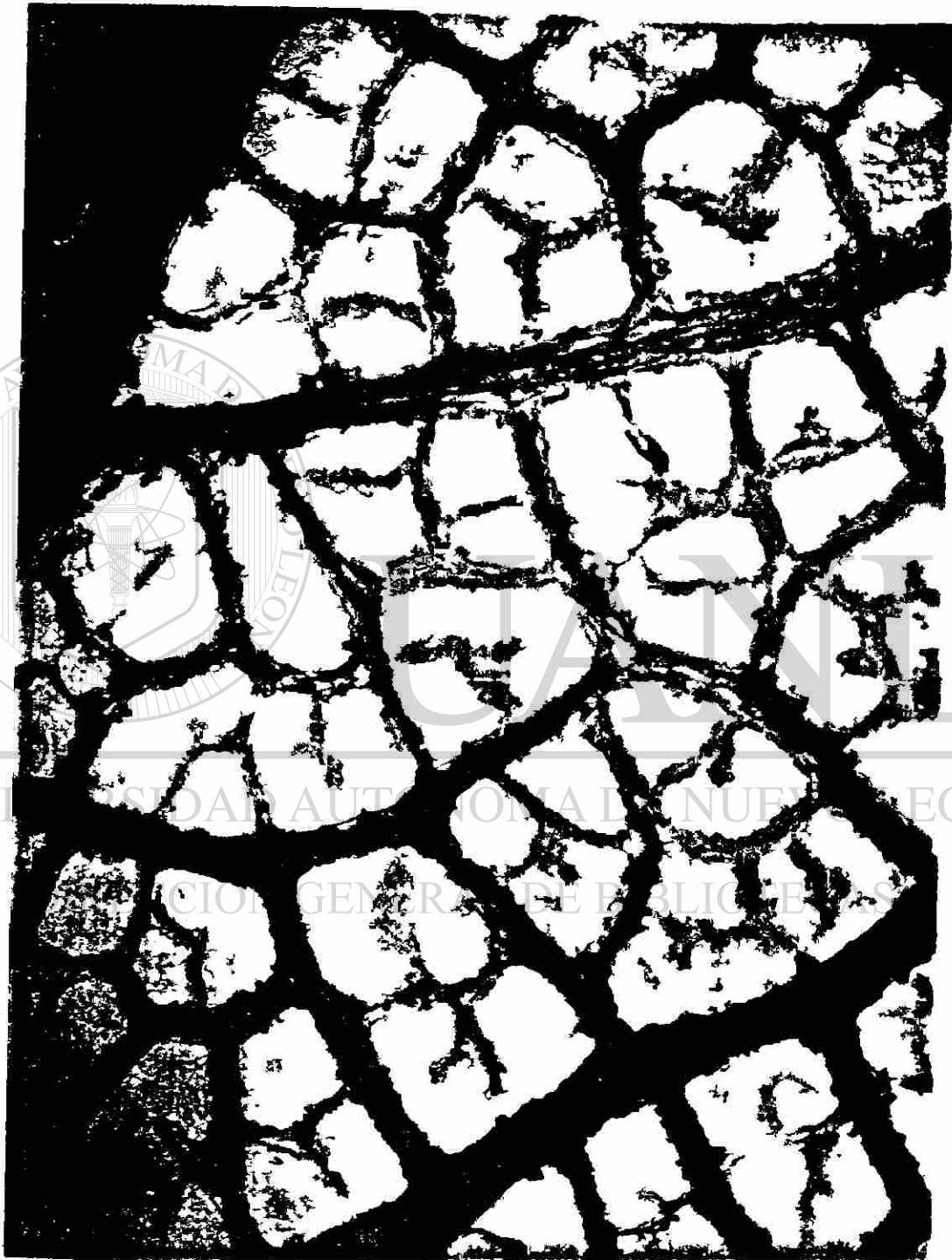


Figura 9. Patrón de nervadura, ramificaciones secundarias.(100X).



Figura 10. Venas secundarias incluyendo aréolas (100X).



Figura 11. Aréolas con terminaciones vasculares libres. (100X)



Figura 12. Aréolas con terminaciones vasculares libres y cerradas (400X)

Textura

Esta se encuentra relacionada con su persistencia en la planta, hojas deciduas son parcialmente apegaminadas, generalmente delgadas las hojas de accesiones distribuidos en ambientes ecológicos de gran diversidad poseen hojas de textura coriáceas, se observa que aquellas accesiones con gran persistencia de sus hojas, éstas son gruesas y coriáceas presentando ligeras variaciones en ambas características.

Forma

Regularmente son oblongas y ovadas, ocasionalmente romboideas con base predominantemente dísticas, su ápice es frecuentemente redondeado a obtuso, algunas veces agudos, su base típicamente redondeada a cuneada; el tamaño presenta variaciones de 3 a 8 cm de longitud y de 2 a 5 cm de ancho (Figuras 14, 15 y 16)

Follaje heteroblástico

Existe gran diferencia entre las hojas de vástago corto y las de vástago largo en la misma planta así, se puede observar desde hojas ligeramente lobuladas con venación craspedódroma y diferentes estructuras foliares con formas variadas, en algunos casos predominan hojas simples, los bordes son de forma muy variada.

Morfología externa

En base a observaciones realizadas en 126 accesiones, en las cuales se evaluaron diversas características morfológicas como: forma, margen, nervadura, base, ápice y aspecto del haz y envés, se agruparon las diversas hojas obteniéndose 10 grupos, cada uno de los cuales se considera representante de un grupo de accesiones con características similares, sumalizando así las amplias variantes las cuales son el reflejo de la alta hibridización; cada grupo posee las siguientes características:

Grupo

Características

- 1^o Incluye 17 accesiones, forma trilobular, base regular, son mas largas que anchas, nerviación craspedódroma, su margen varía de liso a ligeramente dentado, el haz y envés de color verde claro, representante, accesión J41 H2/32.

- 2º Comprende 11 accesiones, con amplias variantes, pero regularmente son de forma lanceolada dos veces mas larga que anchas, base hastada, margen irregularmente aserrado, con ápice redondeado, haz y envés verde claro muy similares, representante, accesión J42 3/14.
- 3º Incluye 11 accesiones de forma elíptica, base ligeramente oblicua, margen liso en su parte basal y aserrado en su tercio superior, ápice agudo, haz y envés verde claro, representante, accesión J 41 H 2 /11.
- 4º 12 accesiones, de forma ovada, base obtusa, margen partido dentado, excepto en su base, ápice agudo, haz de color verde claro, envés verde oscuro, representante, accesión J 42 13 /57.
- 5º Con 22 accesiones, ofrece muy amplias variaciones, forma varía de ovada a elíptica más larga que ancha, base obtusa, margen aserrado regular, en algunos casos e irregular en otros, ápice apiculado, haz de color verde claro envés verde oscuro, representante, accesión J 41 H3 /8.
- 6º Incluye 10 accesiones de forma romboidea más larga que ancha, base obtusa, margen irregularmente partido a entero en su parte media basal y en la parte superior con ligeros lóbulos dentados, ápice agudo, haz y envés de color verde oscuro, representante, accesión J42H8 /59.
-
- 7º Con 30 accesiones, de forma redondeada elíptica, en otros casos lanceolada, base ligeramente aguda, haz de color verde oscuro, envés verde claro, representante, accesión J 42 H7/25 .
- 8º Seis accesiones regularmente son de forma ovada, base atenuada,, márgen entero a ligeramente aserrado, ápice agudo, haz de color verde oscuro, envés verde claro; representante, accesión J 42 H19 /31.
- 9º Ocho accesiones, de forma elíptica lanceolada, base obtusa, margen crenado en su parte basal, dentado en su porción terminal, ápice cuspidado, haz de color verde oscuro, envés, verde claro; representante, accesión, J 41 H2 /21.

10^o Con cinco accesiones, forma ovada, nervaduras pequeñas y pubescentes, base cuneada, margen con pequeños dientes en su parte basal y en su parte terminal, irregularmente hendido con pequeños dientes, ápice cuspidado haz y envés verde claro; representante, accesión J 41 H4 /18.

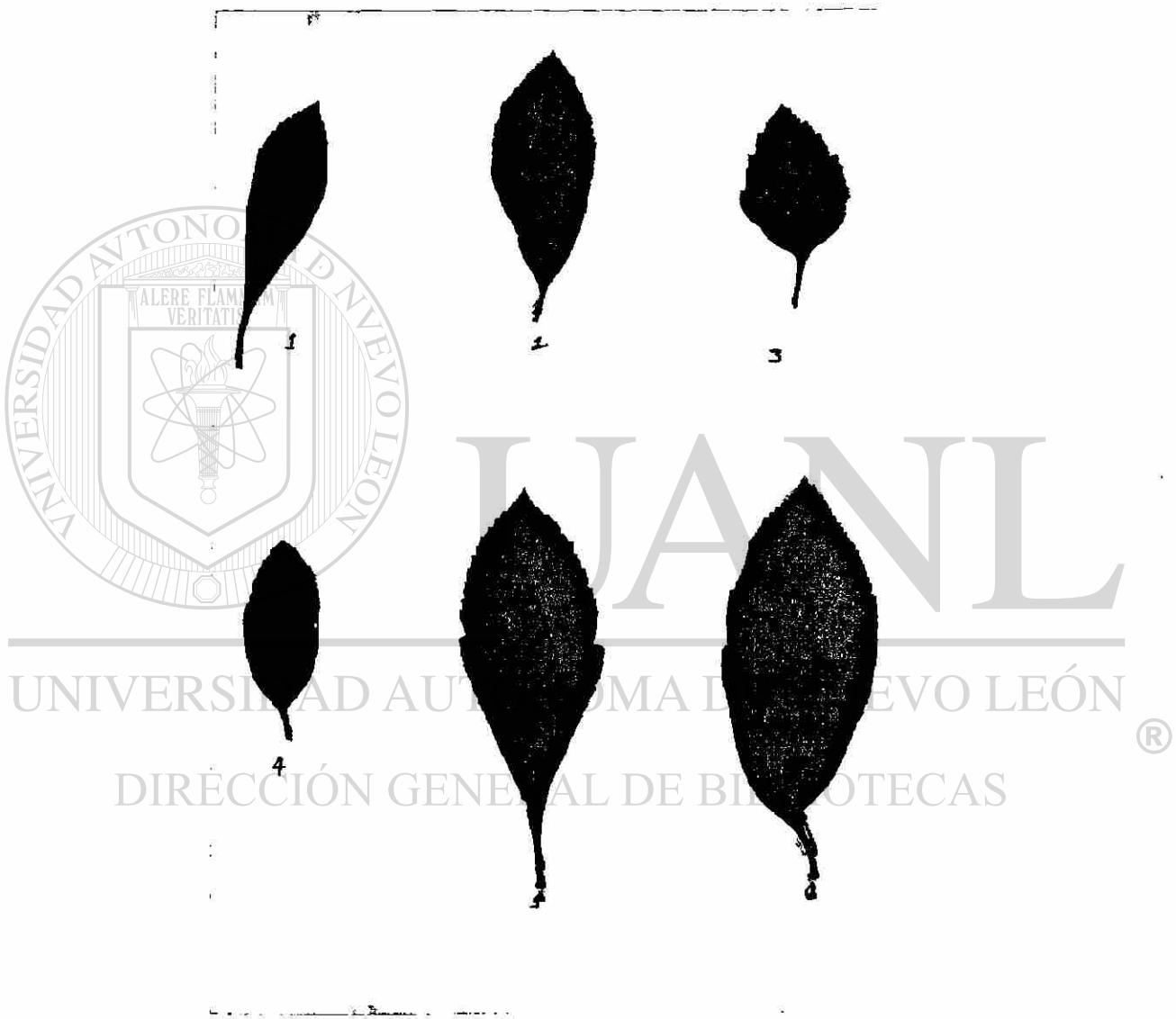


Figura 13. Tipos de hoja representantes de los principales grupos.

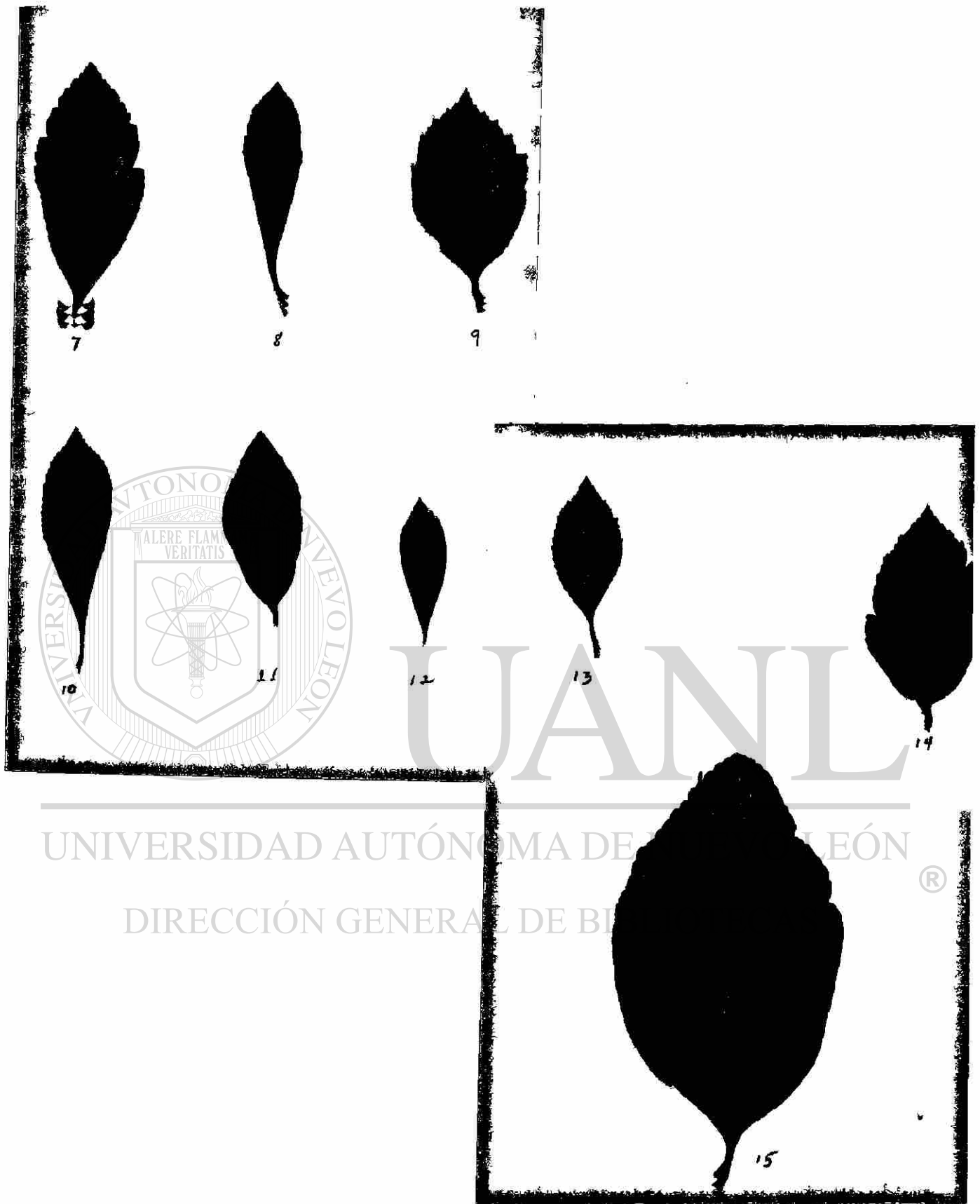


Figura 14. Tipos de hojas representantes de los principales grupos.

Análisis cuantitativo de la hoja

Se obtuvieron diferentes datos de las dimensiones de la hoja de 120 accesiones. Los datos cuantitativos del ancho y el largo de hojas de todas las accesiones fueron agrupados en 10 grupos con similares características morfológicas considerándolos como 10 grupos genéticos distintos. El análisis de varianza sobre los parámetros morfológicos de hojas indica que no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre la longitud, ancho y número de nervaduras de hojas en el grupo, indica una alta homogeneidad, en lo que respecta a las características de hojas. (Tabla 6)

Tabla 6: Análisis de varianza de parámetros morfológicos (largo en centímetros) de hojas de 128 accesiones

| Fuente de Variación | Suma Cuadrada | Grado de libertad | Medio de los Cuadrados | Fc | Nivel de Significancia ($\alpha = 0.05$) |
|---------------------|---------------|-------------------|------------------------|------|--|
| Genotipos | 62.94 | 9 | 6.99 | 1.81 | 0.073 N. S. |
| Error | 458.93 | 119 | 3.86 | | |
| Total | 521.87 | 128 | | | |

N. S. = No Significancia ($P > 0.05$)

CU%= 41.2%

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 7: Comparaciones múltiples en los valores promedio de largo de hojas entre diferentes grupos de accesiones de acuerdo con Tukey, (Zar, 1996)

| Grupo | Número de Accesiones | Largo (cm) | Desviación Estándar | Intervalos de confianza para la media |
|-------|----------------------|------------|---------------------|---------------------------------------|
| 1 | 15 | 5.67 | 0.42 b * | 4.51 - 6.82 |
| 2 | 11 | 5.30 | 0.44 b | 3.95 - 6.65 |
| 3 | 10 | 7.84 | 0.81 a | 6.42 - 9.25 |
| 4 | 13 | 5.01 | 0.29 b | 3.71 - 6.30 |
| 5 | 22 | 5.10 | 0.45 b | 4.14 - 6.05 |
| 6 | 10 | 5.37 | 0.41 b | 3.95 - 6.78 |
| 7 | 30 | 5.57 | 0.45 b | 4.75 - 6.40 |
| 8 | 6 | 5.10 | 0.79 b | 3.27 - 6.92 |
| 9 | 6 | 5.46 | 0.38 b | 3.87 - 7.04 |
| 10 | 5 | 5.48 | 0.85 b | 3.47 - 7.48 |

* Literales diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

La comparación múltiple de las medias muestra que la mayoría de los grupos son homogéneos excepto el grupo 3 (Tabla 7).

En base a la morfología de la hoja se seleccionaron 10 grupos que representan las probables líneas foliares de adaptación, en la figura 15, se muestran las variantes longitudinales, el tamaño es por lo regular uniforme, presentando fluctuaciones entre 3.2 cm y 7.2 cm, sólo un grupo con las accesiones posee el mayor tamaño, 7.8 cm en promedio. La accesión J 41 H 2/3, es la de menor tamaño, es de tipo lobular y alcanza 4.8 cm de longitud, contrastando con la accesión local, que posee una longitud de 3 cm.

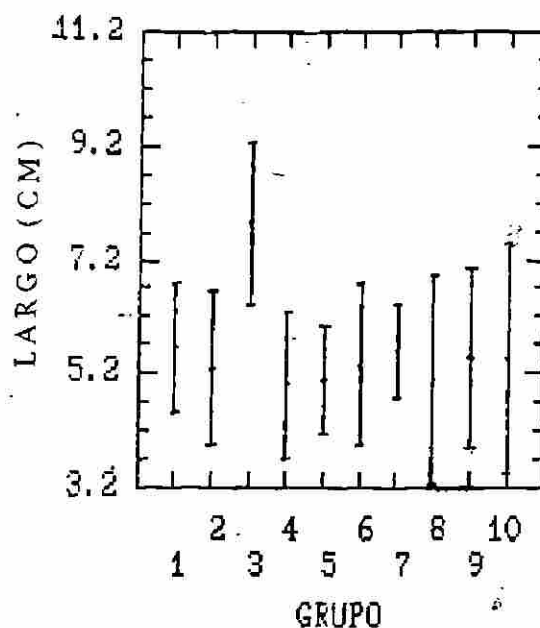


Figura 15. Variación longitudinal de hojas de *Crataegus*

El análisis de varianza de anchura de la hoja muestra que al igual de largo de la misma, que no existe una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los grupos con un coeficiente de variación de 53.2% (Tabla 8)

Tabla 8: Análisis de varianza de ancho de hojas de 128 accesiones de *Crataegus* proveniente de diferentes zonas geográficas de México

| Fuente de Var | Suma Cuadrada | Grado de Libertad | Cuadrado Medio | Fc | Nivel de Significancia |
|---------------|---------------|-------------------|----------------|------|------------------------|
| Grupo | 31.53 | 9 | 3.50 | .990 | .4522 NS |
| Error | 421.27 | 119 | 3.54 | | |
| Total | 452.81 | 128 | | | |

NS = Valor no significativo

CU % = 53.2%

Para determinar el grado de homogeneidad del análisis de varianza dando la hipótesis de igualdad entre los grupos para el ancho de hojas fue aceptada, se procedió a una prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Zar, 1996) donde se comparó el valor

promedio de cada grupo y llegó a la conclusión que a pesar de la homogeneidad de la varianza existen diferencias entre los grupos, indicando que las 128 accesiones por lo menos provinieron de tres poblaciones distintas como indica la tabla 8.

La tabla 9 muestra que el valor promedio de la anchura de la hoja entre diferentes grupos de accesiones fluctúa entre 2.55 y 4.47 cm

Tabla 9. Comparaciones múltiples entre los valores promedios de anchura de hojas (Tukey, Zar, 1996).

| Grupo | Número de Accesiones | Valor promedio | Desviación Estándar | Intervalos de confianza para la media |
|-------|-------------------------|-------------------|------------------------|--|
| 1 | 15 | 3.52 | .18 | 2.41 - 4.62 |
| 2 | 11 | 2.64 | .16 | 1.35 - 3.93 |
| 3 | 10 | 3.70 | .35 | 2.34 - 5.05 |
| 4 | 12 | 3.65 | .15 | 2.41 - 4.88 |
| 5 | 22 | 3.88 | .50 | 2.97 - 4.80 |
| 6 | 10 | 3.37 | .22 | 2.01 - 4.72 |
| 7 | 30 | 3.89 | .47 | 3.1 - 4.67 |
| 8 | 6 | 2.55 | .30 | .79 - 4.30 |
| 9 | 8 | 4.47 | 1.11 | 2.75 - 5.99 |
| 10 | 5 | 2.74 | .40 | .82 - 4.65 |
| Total | 129 | 3.59 | .165 | 3.21 - 3.96 |

El valor promedio para el ancho de hojas de cada grupo se demuestra en la tabla 9. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 10. Análisis del rango múltiple para el ancho (cm) de hojas

| Grupo | Número de Acces | Valor Promedio | Intervalos Grupos Homogéneos |
|-------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 8 | 6 | 2.55 | d* |
| 2 | 11 | 2.64 | cd |
| 10 | 5 | 2.74 | bcd |
| 6 | 10 | 3.37 | abcd |
| 1 | 15 | 3.52 | abcd |
| 4 | 12 | 3.65 | abcd |
| 3 | 10 | 3.70 | abcd |
| 5 | 22 | 3.89 | abc |
| 7 | 30 | 3.89 | abc |
| 9 | 8 | 4.47 | a |

* Literales diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

En la figura 17, se observan las variantes obtenidas en la anchura foliar presentando gran diversidad entre los grupos, la mayoría presentan medidas que fluctúan entre 2.5 cm y 5.0 cm, el grupo 8 muestra variaciones de 1.0 cm hasta 4.5 cm el grupo 9 de 3.0 a 6.0 cm y grupo 10 fluctúa de 0.8 a 4.8 cm.

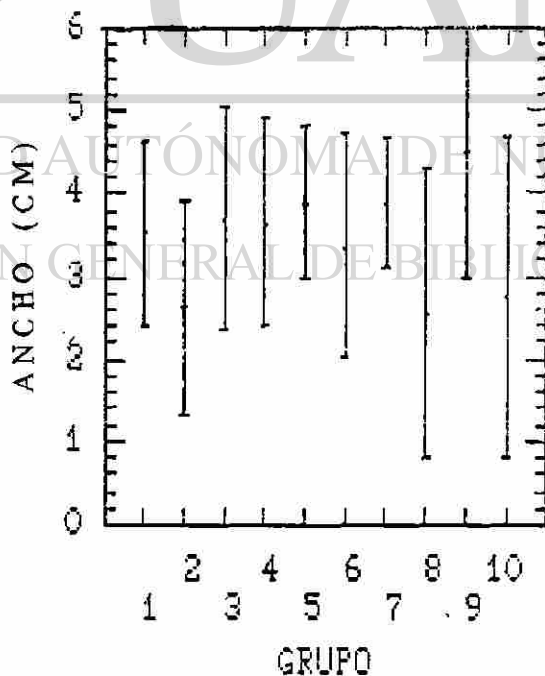


Figura 16. Variación de ancho de hojas de *Crataegus*.

La tabla 11 muestra el análisis de varianza del número de nervaduras, señalando que no existe una diferencia significativa entre los grupos.

| Fuente de Var | Suma Cuadrada | Grado de Libertad | Cuadrado Medio | Fe | Nivel de Significancia |
|---------------|---------------|-------------------|----------------|------|------------------------|
| Grupo | 138.02 | 9 | 15.33 | .172 | .091 |
| Error | 1058.78 | 119 | 8.89 | | |
| Total | 1196.80 | 128 | | | |

Tabla 12. Muestra el valor promedio y número de ejemplares de cada grupo de número de nervaduras, los cuales varían entre 6.13 y 10.0

| Grupo | Número de accesiones | Valor promedio | Desviación estandard | Intervalo s de conf. para la media | |
|-------|----------------------|----------------|----------------------|------------------------------------|-------|
| 1 | 15 | 6.13 | .27 d* | 4.37 | 7.88 |
| 2 | 11 | 8.72 | .79 abc | 6.67 | 10.77 |
| 3 | 10 | 10.0 | .36 a | 7.84 | 12.15 |
| 4 | 12 | 7.0 | .38 cd | 5.03 | 8.96 |
| 5 | 22 | 8.13 | .89 bc | 6.68 | 9.58 |
| 6 | 10 | 7.40 | .65 bcd | 5.24 | 9.55 |
| 7 | 30 | 8.70 | .55 ab | 7.45 | 9.94 |
| 8 | 6 | 8.50 | 1.31 abc | 5.72 | 11.27 |
| 9 | 8 | 7.12 | .29 bcd | 4.72 | 9.52 |
| 10 | 5 | 8.60 | 1.60 abc | 5.55 | 11.64 |
| Total | 129 | 8.03 | .26 | 7.43 | 8.63 |

* Literales diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

Se desarrolló una correlación y regresión entre largo de la hoja y número de nervaduras demostrando que no existe una correlación entre ellos, el coeficiente de correlación fue 0.55, muestra la existencia de una relación entre largo de la hoja y número de nervaduras. Tabla 12.

Tabla 13. Análisis de regresión entre el largo y número de nervaduras de la hoja de *Crataegus*.

| Parámetro | Estimación | error estandard | Valor t | Nivel de probab. |
|------------------------------|------------|--------------------|---------|---------------------|
| Intersección | 3.45 | 0.66 | 5.19 | 8.35 |
| Coefficiente de regresión | 0.83 | 0.11 | 7.33 | 8.20 |

Análisis de varianza

| Fuente | de cuadrados | G. L. | C. Medio | F c. | Probab. |
|-----------|-----------------|-------|----------|-------|---------|
| Regresión | 355.49 | 1 | 355.49 | 53.66 | .00 |
| Error | 841.31 | 127 | 6.62 | | |
| Total | 1196.80 | 128 | | | |

Coef. de Correlación =0.54
 Error estandard
 estimado =2.57

Coefficiente de determinación=29.70

Análisis Discriminante de los Parámetros morfológicos de la hoja en 10 grupos de adaptación.

Para el análisis discriminante la diferencia relativa para la anchura y longitud fue significativamente superior (42% y 40%) en comparación a las nervaduras (18%), esto indica que el grado de variabilidad es mas notable para el ancho y largo que el número de nervaduras.

Entre los atributos medibles existe una relación canónica relativamente baja entre 0.25 0.36.

El Valor de Chi-cuadrada derivado de atributos medibles de las accesiones, no manifiestan diferencias significativas (P=0.07 y P=0.34) debido a que para la anchura y largo de la hoja no se encontró diferencia significativa (P>0.05), excepto el grupo III.

El coeficiente discriminante son positivos para el número de nervaduras en función de ancho y largo de hoja mientras dichos coeficientes son negativos para otros atributos (ancho y largo en función de nervaduras).

En relación al grado de asociación entre largo, ancho y número de nervaduras, los resultados muestran que existe una asociación entre el largo de la hoja con el número de nervaduras de 0.55, esta correlación es altamente significativa ($P < 0.01$). Dicha correlación es menor para el ancho y el largo y ancho y número de nervaduras de la misma, 0.29 y 0.15 respectivamente.

En la tabla 13 se muestran los resultados del análisis de varianza de cada una de las diferentes variables de la hoja de 14 accesiones (haz y envés) existen diferencias altamente significativas para todas las variables anatómicas, con excepción de la variable estomas en el haz que es significativa al 5%.

Tabla 14. Análisis de varianza de las variables anatómicas de la superficie de la hoja (haz y envés) de 14 accesiones de *Crataegus* (g.l, = 13).

| Variable | Fc | Variable | Fc |
|----------|----------|----------|-----------|
| ESH | 1.872 * | ESE | 12.826 ** |
| GH | 3.774** | GE | 4.217** |
| TH | 3.335** | TE | 9.557** |
| AH | 51.038** | AE | 66.509** |
| VH | 15.549** | VE | 21.44** |

* =0.05

** =0.01

ESH: Número de estomas en el haz (mm^2), ESE: Número de estomas en el envés (mm^2), GH: Número de glándulas en el haz (mm^2), GE: Número de glándulas en el envés (mm^2), TH: Número de tricomas en el haz (mm^2), TE: Número de tricomas en el envés (mm^2), AH: Número de areólas en el haz (mm^2), AE: Número de areólas en el envés (mm^2), VH: Número de venas en el haz (mm^2), VE: Número de venas en el envés (mm^2).

Tabla 15 Análisis comparativo de la varianza y comparaciones múltiples en diferentes accesiones en estudio par diferentes parámetros morfológicos de hojas

| Variable | Valor Fc | Probabilidad | Comparación múltiple/accesiones |
|--|----------|--------------|--|
| No. de areolas en el haz | 51.03 | <.01 | 6,7,2 difieren del resto de los grupos. 1y5 difieren de 4,14, 10,11,13 y 12. 3y9 difieren de 14,10,11,13 y 12. 8 difiere de 10,11,13 y 12. 4 difiere de 11, 12 y 13. 14 difiere de 12 y 13. |
| No. de areolas en el envés | 66.50 | <.01 | 7 y 6 difieren del resto de los grupos. 2 difiern del resto, excepto, 1,5,6, y 7. 1 y 5 difieren de 4, 10,14,11,12 y 13. 3,9 y 8 difieren de 10,14,11,12 y 13. 4 difiere de 11,12 y 13. 10 difiere de 12 y 13. |
| No. de estomas por mm ² en el haz | 1.87 | <.05 | 2 difiere del resto de los grupos |
| No. de estomas por mm ² en el envés | 12.82 | <.01 | 2 y 7 difieren del resto, excepto 6 y 14. 6 y 14 difieren de 5,12,8,9 y 11. 4,13,1,3 y 10 difieren de 11 |
| No. de glándulas en el haz | 3.77 | <.01 | 6,7,8,9,12 y 14 difieren de 13 y 3 |
| No. de glándulas en el envés | 4.21 | <.01 | 4,14,7,12,2 y 9 difieren de 1 y 11. 6 y 10 difieren de 1 |
| No. de tricomas en el haz | 3.35 | <.01 | 14 difiere de 5 y 11. 12,9,8 y 10 difiere de 11. |
| No. de tricomas en el envés | 9.55 | <.01 | 12 y 14 difieren de 11,5 y 1. 10, y 9 difieren de 5 y 1. 1 difiere del resto, excepto, de 12,10 y 9. |
| No. de venas terminales en el haz | 15.54 | <.01 | 6 difiere del resto, no de,6 y 12 2 difiere del resto,no de 6,2 y 7 7 difiere del resto, no de 6,2,7 y 3 3 y 1 difieren de 12,13 y 11. 4 difiere de 11. |
| No. de venas terminales en el envés | 21.44 | <.01 | 6 y 2 difieren del resto. 7 difiere de 8,5,4,12,9,10,14,13 y 11. 1 y 3 difieren de 10,14,13 y 11. 8,5,4, 12 y 9 difieren de 11. |
| Relación de accesiones | | | |

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1=J42H34/60 | 5=J42H8/59LV | 9=J42H9/37LV | 13=J42H9/34 |
| 2=J42H8/32 | 6=J41H8/10LV | 10=J42H9/4LV | 14=J42H48/17 |
| 3=J42H45/64 | 7=J41H10/29L | 11=J41H10/3V | |
| 4=J41H10/29L | 8=J42H12/56V | 12=J42H47/11 | |

En las accesiones estudiadas se conocieron las modificaciones en la epidermis tanto en el haz como en el envés, así como, la disposición y organización de sus vasos conductores, la figura 18, muestra el número de estomas por mm^2 , éstos se encuentran principalmente en el envés presentando variación en forma y número, el haz carece de estomas.

No. de estomas por mm^2 en el haz y envés.
de 14 accesiones

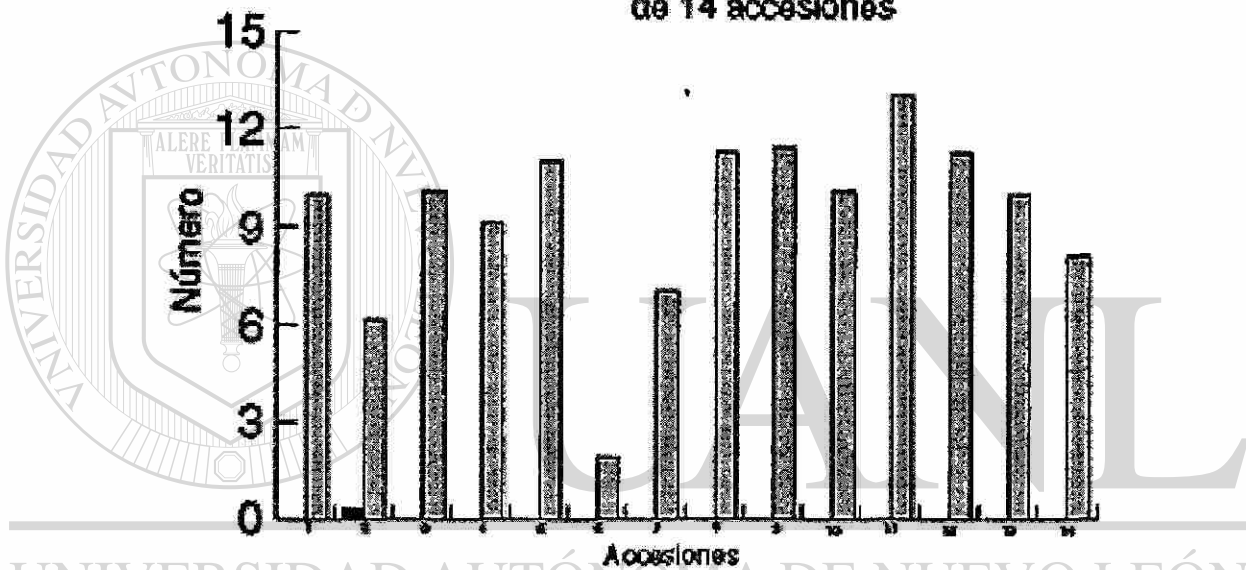


Figura 17

El número de glándulas varía grandemente entre las 14 accesiones, su presencia es mayor en el envés, existiendo un número alto de glándulas cubriendo la epidermis inferior, ésta característica se presenta en la mayoría de las accesiones, el haz presenta un número menor de glándulas y algunas accesiones carecen de ella. Figura 19.

No. de glándulas por mm² en el haz y envés de 14 accesiones

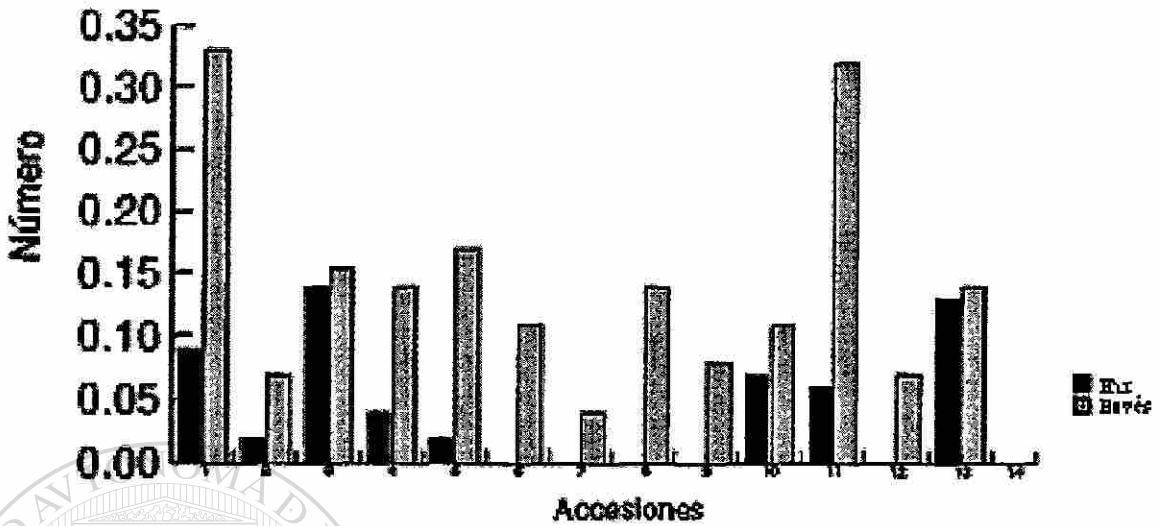


Figura 18

El número de tricomas es más elevado en el envés, su presencia es regular en la mayoría de las accesiones, esta estructura es de tipo unicelular, se encuentran dispuestas de una manera muy variada en las distintas accesiones, figura 20.

No. de tricomas por mm² en el haz y envés de 14 accesiones

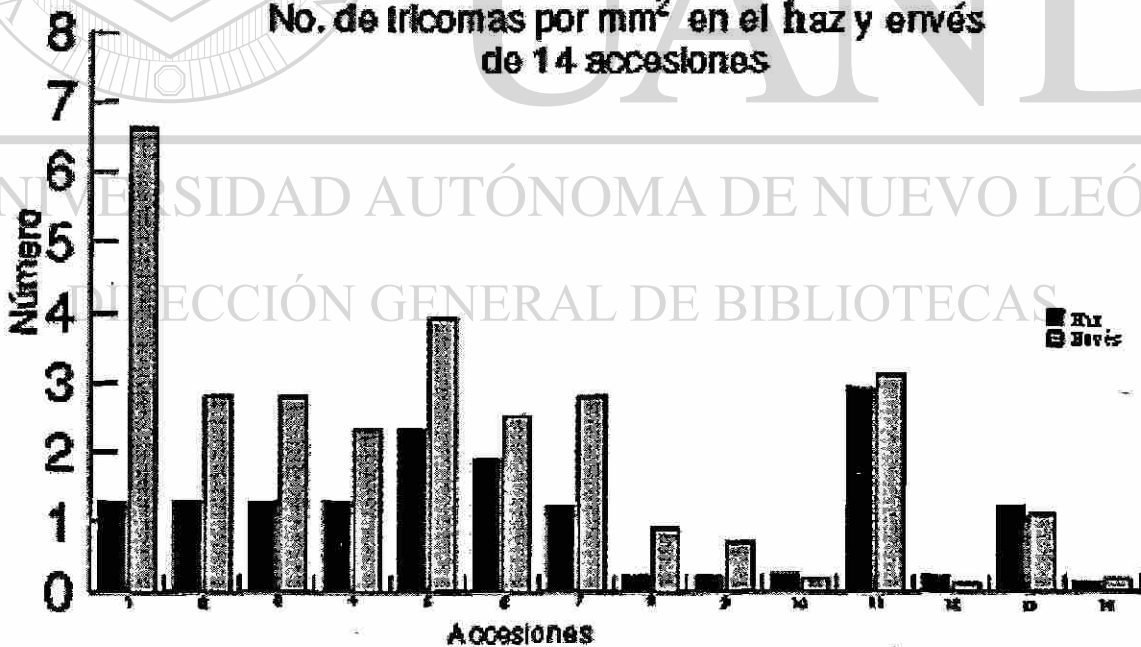


Figura 19

La ramificación de las venas secundarias forma pequeñas unidades poligonales, donde el extremo de las venas terminales concluyen formando aréolas, de número

variable entre las diversas accesiones. Figura 19. Las venas terminales regularmente son libres y el número es variable entre las diferentes accesiones. Figura 20.

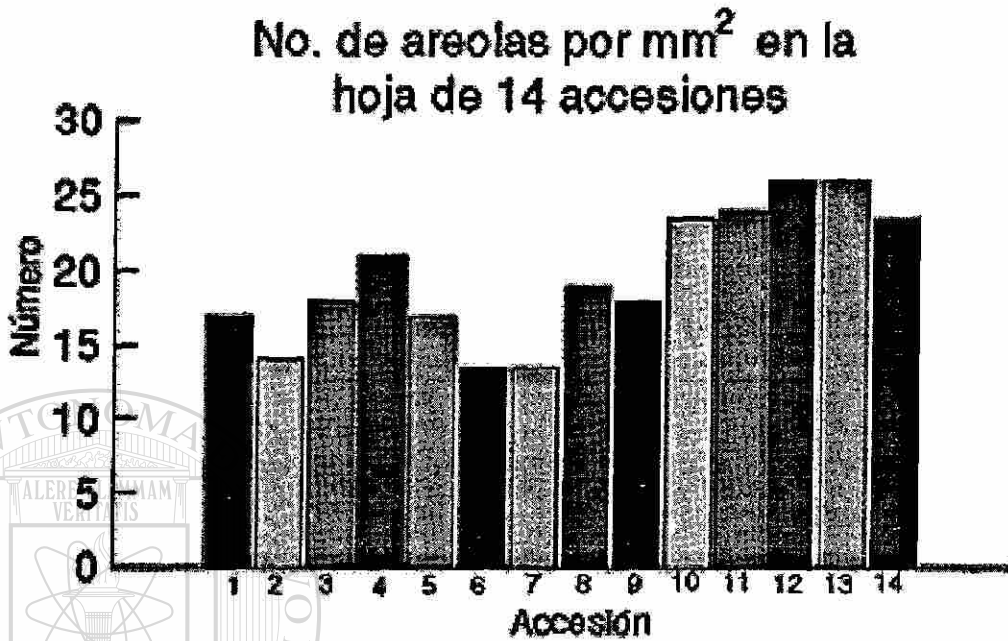


Figura 20

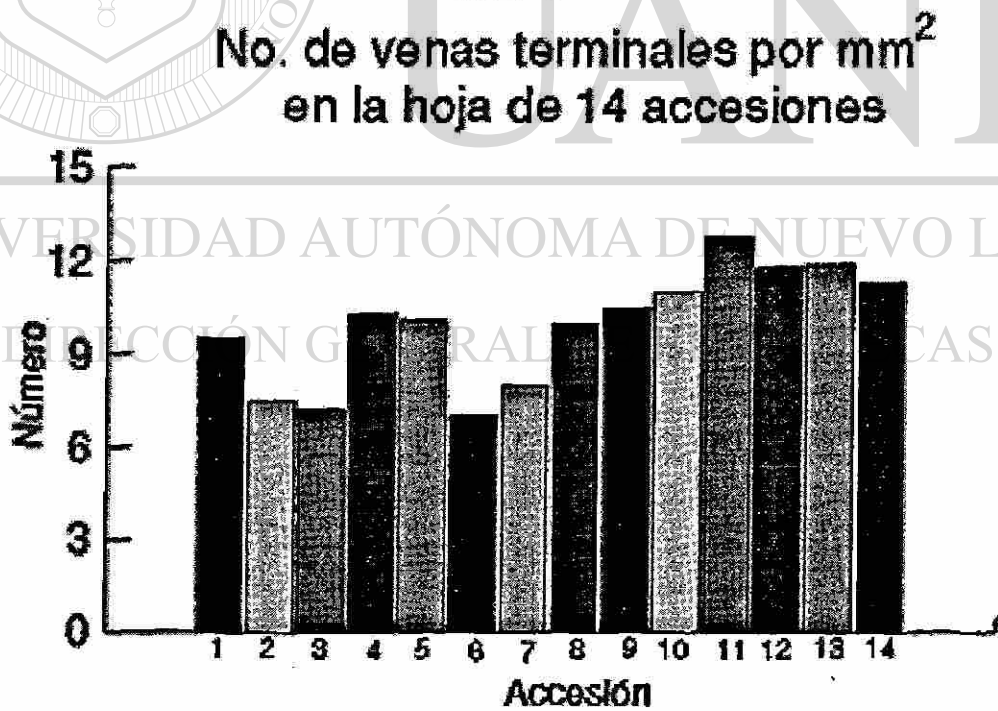


Figura 21

Estructura de la epidermis

Ultraestructura del haz.

Sobre la superficie de la epidermis foliar superior se deposita una capa cerosa que presenta formas muy variadas, delineando una capa irregular o contínua, la cual se adhiere íntimamente al tejido epidérmico, los estudios muestran a ésta estructura como la parte más relevante ofreciendo grandes variaciones en forma y abundancia lo que impide una observación detallada de las células epidérmicas, solo en los casos en que la capa cerosa es más delgada se logra la observación del tejido epidérmico. La cera epicuticular muestra diferentes variaciones básicas que proporcionan a la superficie epidérmica aspectos brillante, semibrillante u opaco en las diferentes accesiones, figuras 21 y 22. La superficie de la hoja varía grandemente en las diferentes accesiones con respecto al tipo de cera y cristales en las accesiones J42H8/59 LV y J42H47/11 muestran una cera de forma tubular mezclada con cera lisa que proporciona a la superficie una gran brillantez, estas accesiones contrastan con la accesión J4 28/3 LV en la que existe cera difusa y en forma de cristales que proporciona una superficie semiopaca; en las accesiones J41 3/11 LV, J42 23/60 LV y J41 H10/29 LV la cera se distribuye irregularmente proporcionando una superficie opaca.

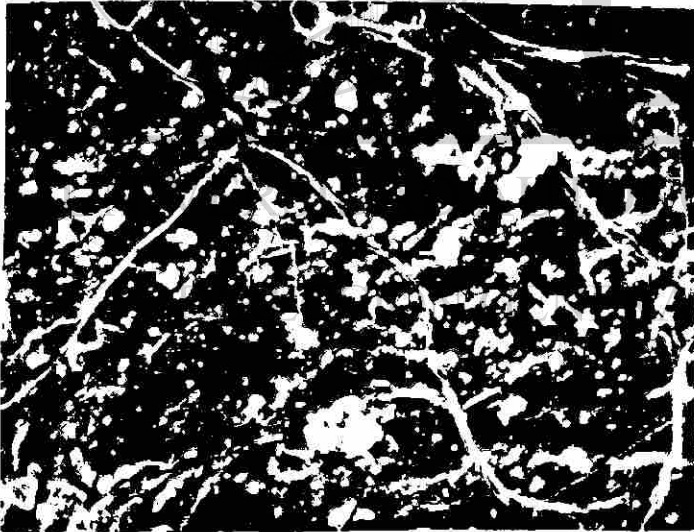


Figura 22 a



Figura 22 b

Figura 22 a) Accesión J42 H8/59 LV, b) Accesión J42 47/11. Cera en forma de cristales con proyecciones tubulares que proporcionan brillantez. Observadas al microscopio electrónico de barrido

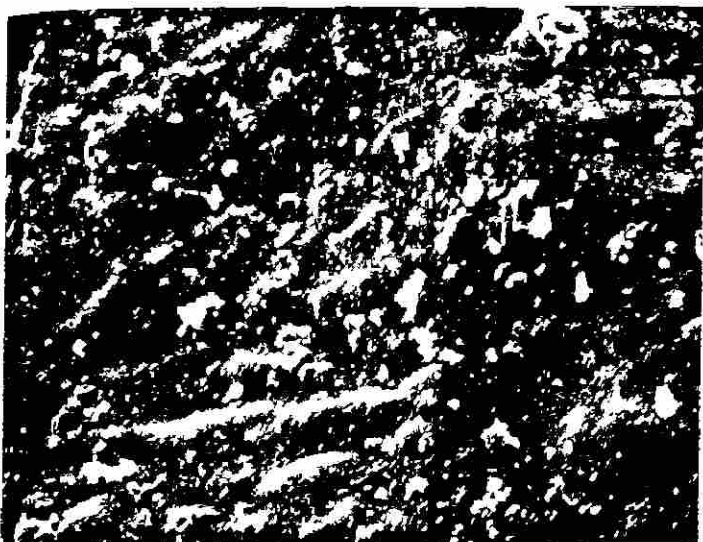


Figura 23 a

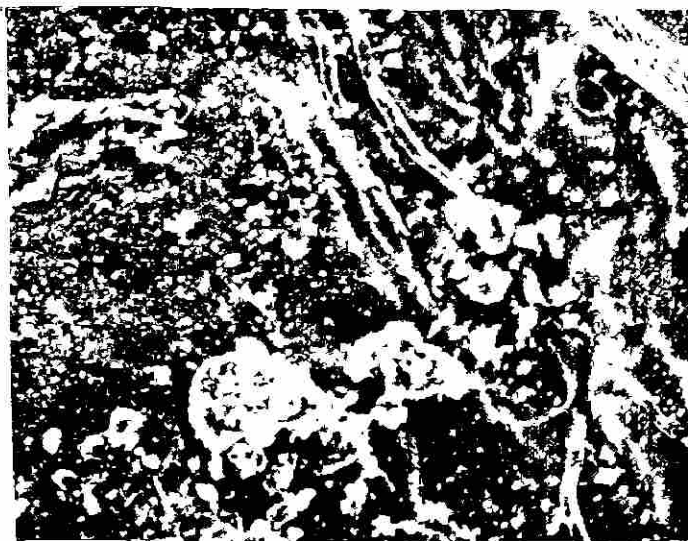


Figura 23 b



Figura 23 c



Figura 23 d

Figura 23 a) Accesoión J42 8/3LV. Cera en forma de cristales agrupados de aspecto semibrillante, b) Accesoión J41 3/11 LV. cera abundante de distribución irregular c) Accesoión J42 23/60, d) Accesoión J41 H10/29 LV. Cera abundante de distribución irregular, proporcionando una superficie opaca. Observación al microscopio electrónico de barrido.

Ultraestructura del envés

Estudios de microscopio de barrido revelan que en la epidermis inferior existen grandes diferencias entre las diversas accesiones, existen variaciones tanto en las características de los estomas como en la naturaleza del depósito de la cera epicuticular que proporciona a la superficie aspecto brillante, semibrillante u opaco, estas variaciones son una respuesta a las condiciones ambientales. Los estudios revelan detalles en cada ejemplar estudiado, así en la accesión J41H2/32 existe una irregular superficie de la cera epicuticular lo que otorga a la superficie foliar un aspecto liso que facilita un alto reflejo de la luz, presenta estomas grandes con ostíolos muy abiertos, esta disposición contribuye a efectuar una alta transpiración y puede desarrollar un elevado intercambio gaseoso, las células de guardia son por lo general anchas (figura 23 a). La accesión J42 H3/14 presenta cera epicuticular irregular mostrando una acumulación de esta alrededor de las células de guardia, las cuales presentan un diámetro longitudinal mayor con respecto al diámetro transversal, es notorio la apertura del ostíolo.



Figura 24 a



Figura 24 b

Figura 24 . Accesión J41 H2/32. Cera epicuticular irregular, superficie semibrillante. b) Accesión J42 H3/14. Cera lisa y dufusa con ostíolos grandes. Vista al Microscopio Electrónico de Barrido.

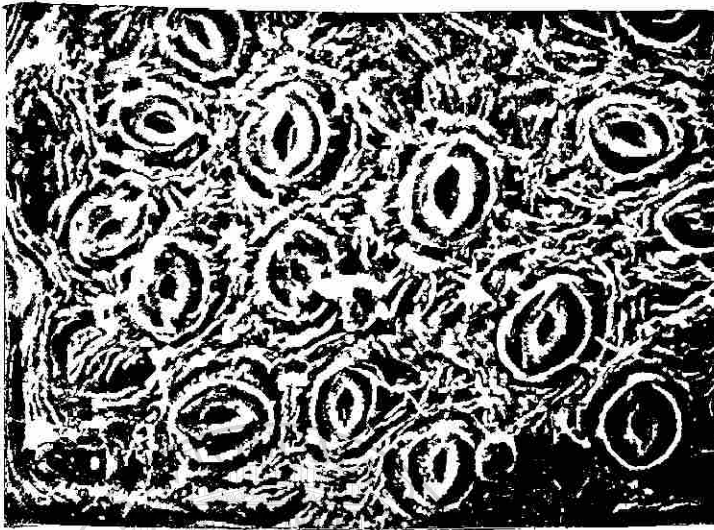


Figura 25 a

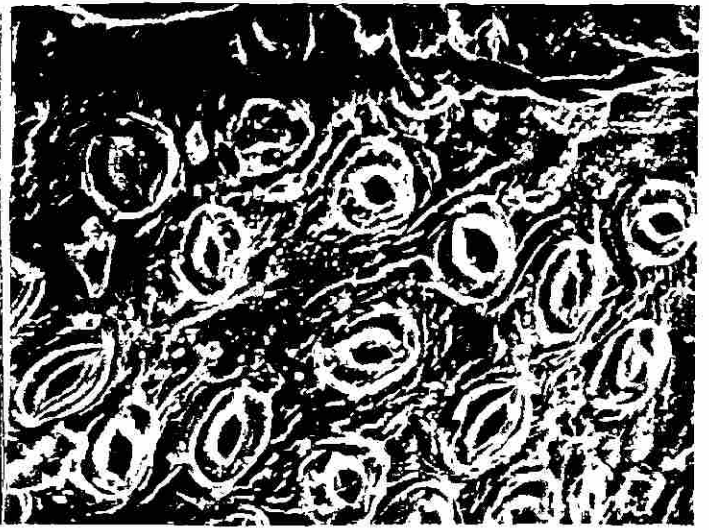


Figura 25 b



Figura 25 c

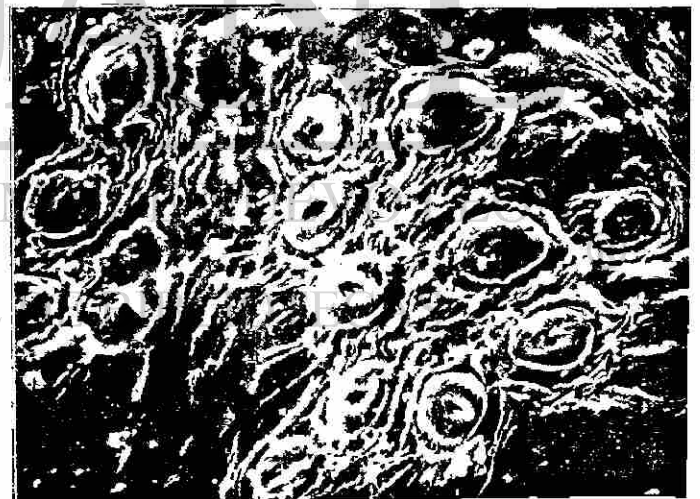


Figura 25 d

Figura 25 a) Accesión J41 H2/11 Gran concentración de cera epicuticular de naturaleza fibrilar. b) Accesión J42 H13/57 LF. Células de guardia gruesas con estomas abiertos, presencia de cera lisa. c) Accesión J41H3/8 . Presenta gran impregnación de cera lisa y glándulas muy elongadas . d) Accesión local, Santa Catarina, N. L. Típica de zonas áridas con superficie brillante apertura de los ostíolos mas pequeña que el resto de las accesiones. Visto al microscopio electrónico de barrido.

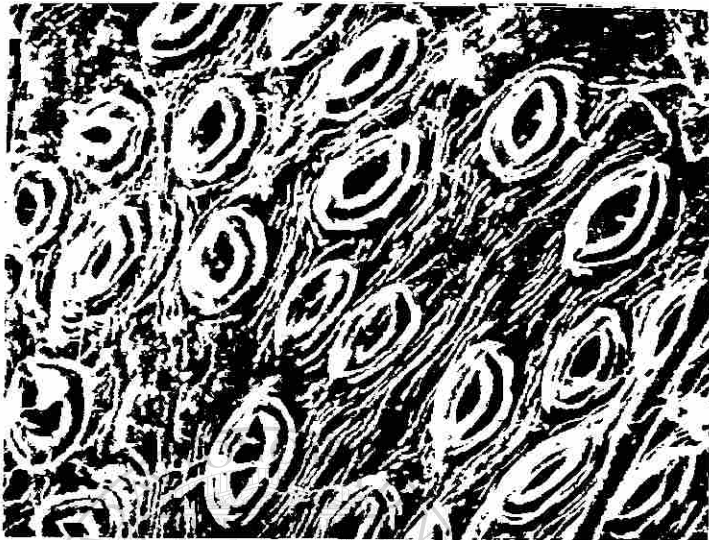


Figura 26 a



Figura 26 b

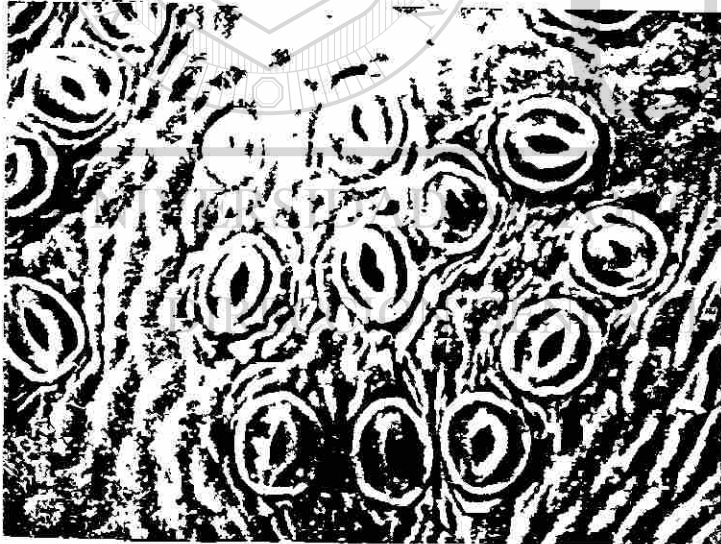


Figura 26 c



Figura 26 d

Figura 26 a). Accesoión J42 H19/31 LV. b) Accesoión J42 H8/59 Presencia de cera de naturaleza fibrilar. c) Accesoión J41 14/18, d) Accesoión J42 H7/25 LV. Superficie comparativamente brillante otorgado por el tipo de cera. Vista al microscopio electrónico de barrido.

Determinación de las características morfológicas del fruto

El fruto es una drupa típica de las Maloideae, el material examinado proveniente de las accesiones estudiadas muestra una amplia variabilidad en su forma, color y tamaño. Destacan la siguiente relación de color de cutícula - color del mesocarpio:

| CUTICULA | MESOCARPIO |
|------------------------------------|-----------------|
| roja | verde-blanco |
| roja | amarillo-blanco |
| roja intenso | rojizo-blanco |
| roja-intenso | amarillo, |
| anaranjado | blanco-amarillo |
| amarillo-verde | amarillo |
| anaranjado | anaranjado |
| anaranjado con tonalidades rojizas | anaranjado |

Lo anterior muestra la variación tan amplia que se observa en este carácter lo que refleja su compleja característica genética; en el caso de la forma del fruto existe una regular variación ya que la mayoría presenta una forma irregular en sección transversal y longitudinalmente que son redondos.

Se encuentran cubiertas por una cutícula de grosor variable, se observan grandes diferencias entre las accesiones consideradas primitivas y las más avanzadas, en las primeras, es más gruesa y de mayor consistencia lo que proporciona una mayor adaptación a condiciones de aridez impidiendo la pérdida de humedad, contrastando con la cutícula delgada asociada a la presencia de lenticelas grandes que reflejan adaptaciones a ambientes con alto grado de humedad, lo anterior se observa en las variedades de fruto grande, consideradas mas avanzadas desde un punto de vista de su adaptación, así como el número y características de las lenticelas. Estos caracteres se modifican ampliamente en las diferentes accesiones; en aquellos ejemplares productores de frutos pequeños existe comparativamente un menor número de lenticelas por unidad de área. En general, los frutos de germoplasma primitivo son más pequeños, a medida que evolucionan, su tamaño se incrementa, en los frutos pequeños se observa una disminución del número de lenticelas por unidad de área lo que

representa una adaptación a condiciones de aridez, restringiendo, de esta forma la pérdida de humedad, solo permitiendo cumplir con eficacia el intercambio gaseoso respiratorio necesario para su desarrollo óptimo, por lo tanto, existe un mayor número de lenticelas por unidad de área.

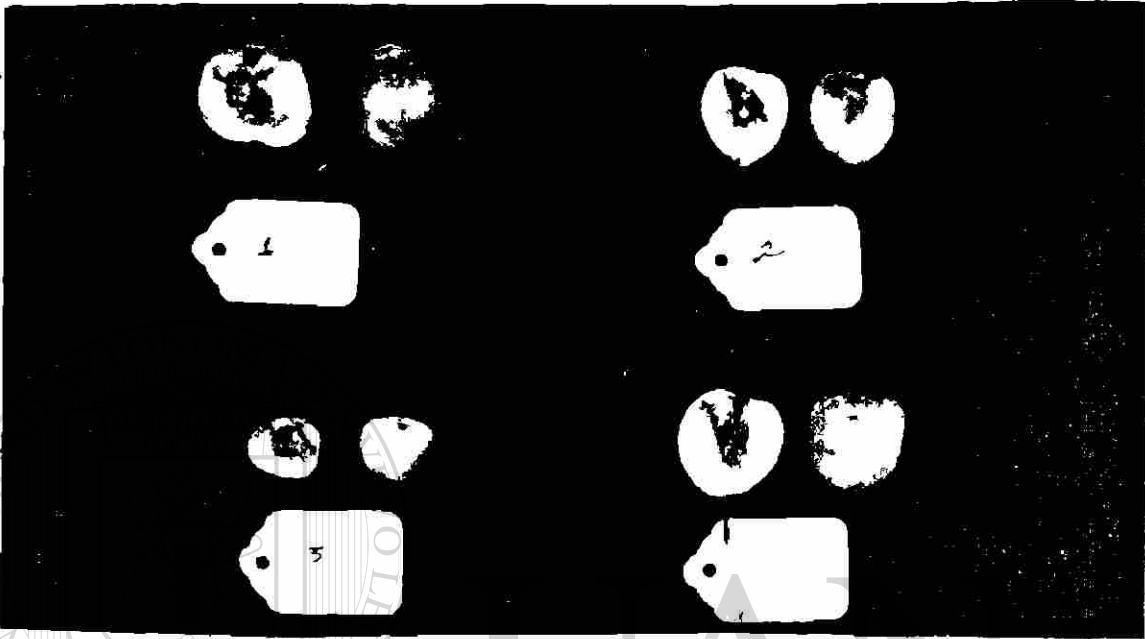


Figura 27 a



Figura 27 b

Figura 27 .a) Acciones J41 9/6, J41 2/30, J41 6 /4 (1,2,3), poseen lenticelas pequeñas con poca cantidad por unidad de área. b) Frutos grandes muestran lenticelas de mayor tamaño y de menor número por unidad de área.

Variabilidad genética

Se evaluaron los frutos de 82 accesiones de diferente procedencia, de esta forma se conoció las características morfológicas, forma y coloración de la cutícula; diámetro polar y ecuatorial; se cuantificó el peso fresco del fruto, peso del mesocarpio y peso de la semilla con el fin de realizar un análisis estadístico evaluándose la heredabilidad de los diferentes caracteres. Figuras 28.



Figura 28

En la distribución del peso del fruto, el mayor número de accesiones presentan un rango de peso de 0.5 a 2.5 g seguido por el grupo de 2.5 a 4.5 g mostrando que el mayor peso del fruto se presenta en un número muy bajo de accesiones, en la práctica, estos frutos son los que tienen mayor demanda ofreciendo mayor ventaja para su comercialización.

Distribución de frecuencias de peso del fruto de 82 accesiones

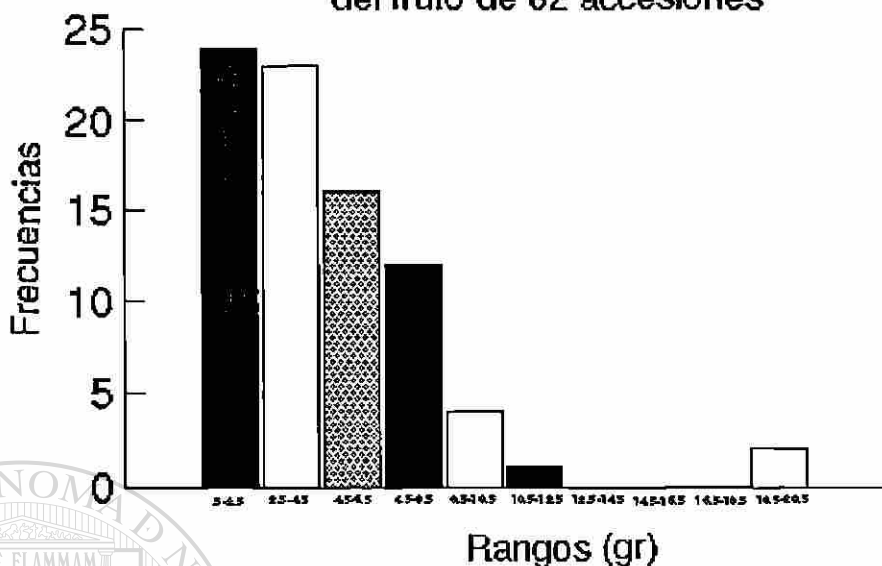


Figura 29

En la distribución del peso seco del mesocarpio, se presenta un comportamiento similar a la variable anterior. En el primer grupo (0 a 2.0 g) se incluyen el mayor número de accesiones, inmediatamente, un segundo grupo (2.0 a 4.0 g), con un número de accesiones ligeramente menor al primero, un mayor incremento en el peso se presenta en el menor número de accesiones, éstas corresponden a accesiones cuyos frutos son más explotados en las comunidades de origen.

Distribución de frecuencias de peso seco del mesocarpio en el fruto de 82 accesiones

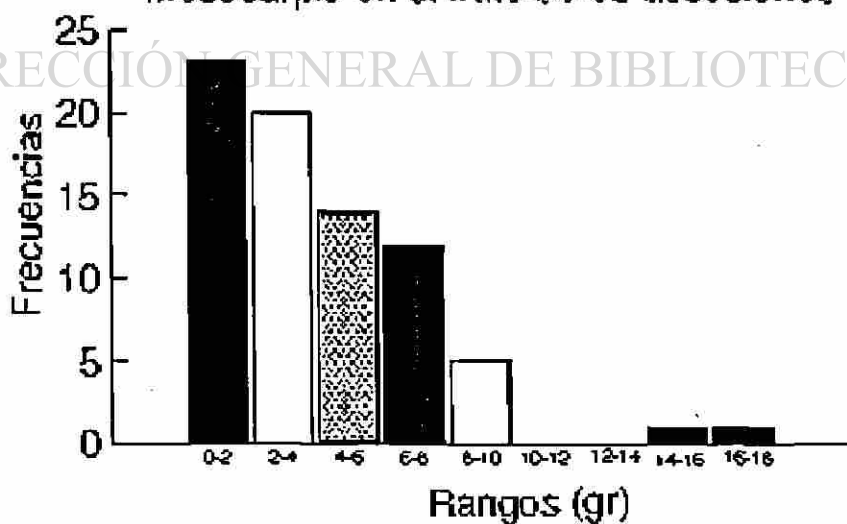


Figura 30

En la distribución del peso del hueso, se señalan ligeras variantes con respecto a los casos anteriores, el grupo que presenta un rango de peso de 0.3 a 0.5 g corresponde al de mayor frecuencia, seguido del que ofrece un peso de 0.5 a 0.7 g. El menor peso (0.1 a 0.3 g) representa el siguiente grupo de frecuencias, en la gráfica se muestra una mas amplia distribución de grupo de accesiones, la cual, no es uniforme lo que muestra una tendencia de un mayor peso en un número menor de accesiones.

Distribución de frecuencias de peso del hueso en el fruto de 82 accesiones

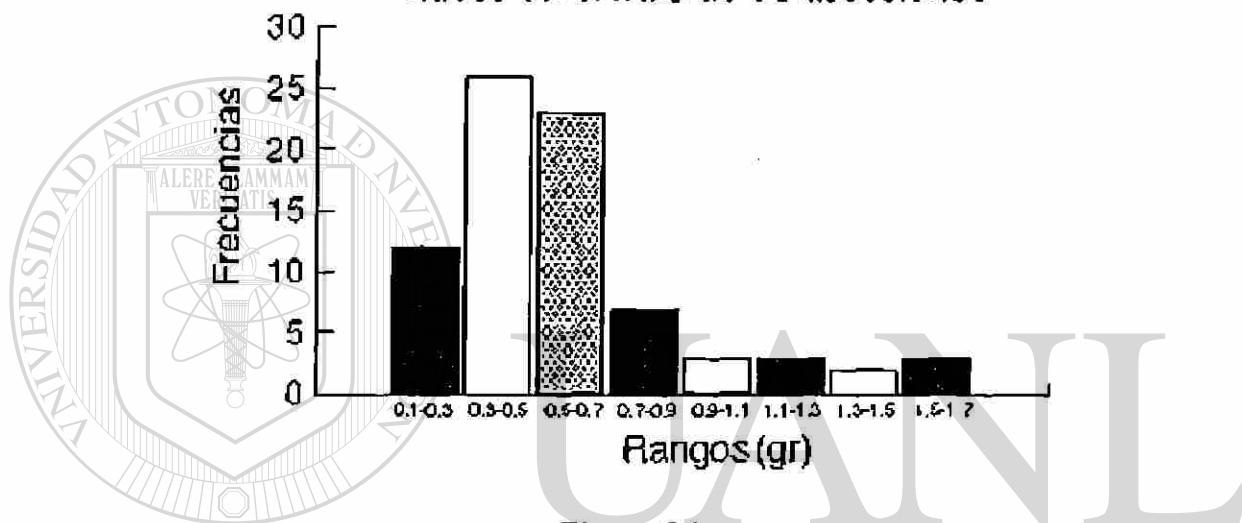


Figura 31

Se muestra la distribución de frecuencias del diámetro ecuatorial, distribuidos en tres grupos, donde los rangos de 2.0 a 3.5 cm corresponden al mayor número de accesiones, el menor número de accesiones presentan el mayor diámetro ecuatorial de 4.0 a 4.5 cm (Fig. 31).

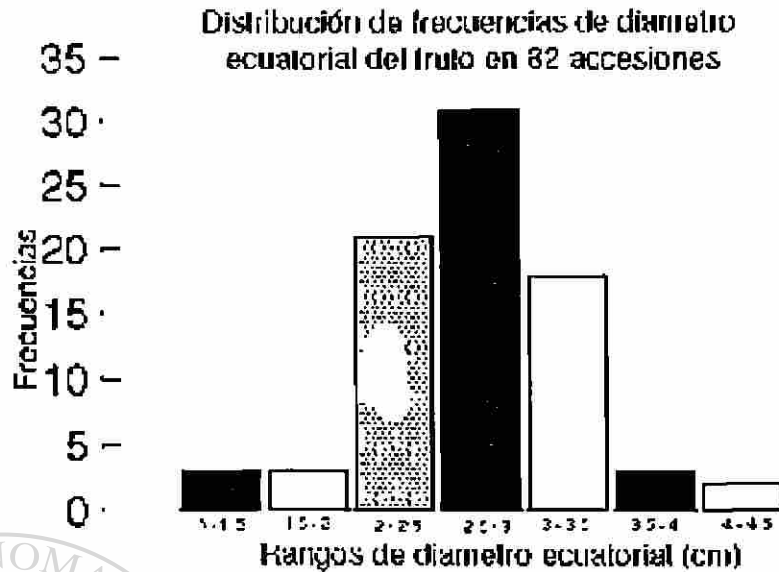


Figura 32

El diámetro polar presenta la misma tendencia del caso anterior, con ligeras variantes en relación al mayor número de frecuencias que se presentan en los rangos de 1.8 a 3.0 cm, existiendo una distribución de tipo unimodal con el menor número de frecuencias distribuidas entre los rangos 3.4 a 4.2 cm.

Distribución de frecuencias de diámetro polar del fruto de 82 accesiones

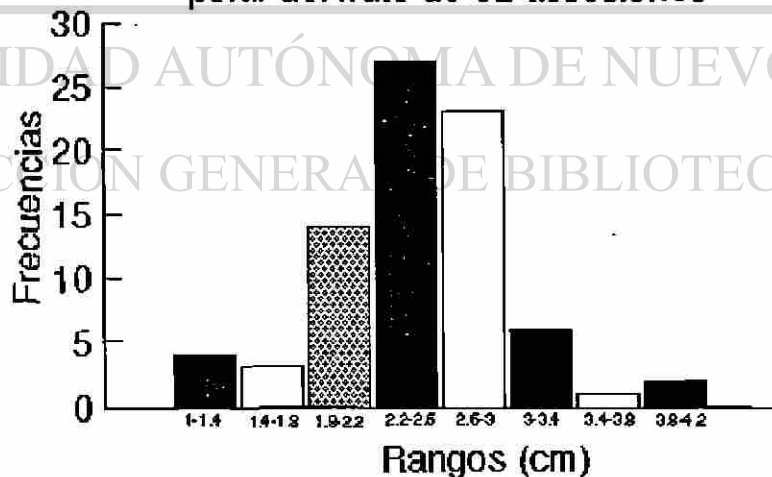


Figura 33

Los resultados sobre el peso de frutos ponen en evidencia las diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) que existen entre las 81 accesiones en estudio, siendo

las accesiones 21 (0.70 g) y la número 7 (18.23 g) respectivamente, el de menor y mayor peso del fruto (tabla 16).

Tabla 16: Análisis de varianza sobre el peso del fruto (g) de 81 accesiones de *Crataegus*, provenientes de diferentes zonas ecológicas de México.

| Fuente de variación | Σ Cuadrados | G.L. | C.Medio | F _c | Probab. |
|---------------------|--------------------|------|---------|----------------|---------|
| Peso de frutos | 743.42 | 8 | 92.93 | 160.01 | <0.001 |
| Error | 41.81 | 72 | 0.58 | | |
| Total | 785.23 | 80 | | | |

En base al peso de frutos, el conjunto 82 accesiones muestreadas se clasificaron en 11 grupos y /o genotipos distintos tomando en cuenta las accesiones 21, (que se distribuye al extremo menor). 7 y 51 cuya distribución de peso está en el extremo mayor. Para homogeneizar la distribución de peso de los frutos de diferentes accesiones en estudio, se agruparon las accesiones mencionadas(extremas)al grupo superior(caso #21) e inferior inmediato (caso # 7 y 51) así obteniendo nueve genotipos para este fin (Tabla 17).

La prueba de comparación múltiple de Tukey (Zar, 1996) entre diferentes clases de peso de frutos para las 81 accesiones demuestra diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los nueve grupos en estudio, siendo los grupos 1 y 2 con 9 y 14 accesiones respectivamente de menor peso en comparación a los grupos 8 y 9 de mayor peso, con 4 y 3 accesiones respectivamente (tabla 17).

Tabla 17. Comparación múltiple entre el peso de fruto de 81 accesiones de *Crataegus* de acuerdo con Tukey (Zar, 1996).

| Grupo/Genotipo | No de accesiones | Peso Prom. SD ¹ | Rango de acces. |
|----------------|------------------|----------------------------|---------------------|
| 1 | 19 | 1.48 =0.07h* | 0.70(A21)-1.99(A16) |
| 2 | 14 | 2.49 =0.07g | 2.02(A4)-2.88(A67) |
| 3 | 11 | 3.56 = 0.10fg | 3.04(A54)-2.95(A30) |
| 4 | 8 | 4.49 ± 0.11ef | 4.00(A28)-4.81(A81) |
| 5 | 6 | 5.71 ± 0.09de | 5.43(A40)-5.83(A53) |
| 6 | 11 | 6.36 ± 0.06cd | 6.08(A13)-6.84(A47) |
| 7 | 5 | 7.48 ± 0.13bc | 7.13(A74)-7.86(A71) |
| 8 | 4 | 8.51 ± 0.06b | 8.36(A57)-8.63(A73) |
| 9 | 3 | 15.29 ± 2.46a | 10.4(A72)-18.23(A7) |

¹SD = Desviación estándar

*Literales diferentes indican diferencias significativas(P<0.05)

Se puede resumir que las 81 accesiones provienen por lo menos de 8 genotipos diferentes, respecto al peso del fruto, éstos genotipos comprenden los siguientes grupos y accesiones, como lo indica la tabla 18.

Tabla 18. Clasificación de genotipos y accesiones en base al peso del fruto

| Genotipo | Grupo/Accesiones | No de Accesiones |
|----------|------------------|------------------|
| 1 | 1 | 19 |
| 2 | 2 y 3 | 14 y 11 |
| 3 | 3 y 4 | 11 y 8 |
| 4 | 5 y 5 | 8 y 6 |
| 5 | 5 y 6 | 6 y 11 |
| 6 | 6 y 7 | 11 y 5 |
| 7 | 7 y 8 | 5 y 4 |
| 8 | 9 | 3 |

En base a los diámetros ecuatorial y polar, se observó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) con valores de $F = 16.01$ y 11.93 respectivamente entre las accesiones en estudio, siendo las accesiones 42 (1.31 y 1,20 cm) y la del 7 (4.20 y 3.88 cm) respectivamente al menor y mayor diámetro ecuatorial y polar del fruto (Tabla 19a y b). Los diámetros mencionados estan en concordancia con la información obtenida sobre el peso de frutos para las accesiones señaladas.

Tabla 19 a. Análisis de varianza sobre el diámetro ecuatorial (cm) de 82 accesiones de *Crataegus* provenientes de diferentes zonas ecológicas de México.

| Fuentes de Variación | Σ Cuadrados | G. L. | C. Medio | Fc | Probab. |
|----------------------|--------------------|-------|----------|-------|---------|
| Diámetro ecuatorial | 15.33 | 8 | 1.91 | 16.01 | < 0.001 |
| Error | 8.73 | 73 | 0.11 | | |
| Total | 24.06 | 81 | | | |

Tabla 19b. Análisis de varianza sobre el diámetro polar (cm) de 82 accesiones de *Crataegus* provenientes de diferentes zonas ecológicas de México.

| Fuentes de Variación | Σ Cuadrados | G. L. | C. Medio | Fc | Probab. |
|----------------------|--------------------|-------|----------|-------|---------|
| Diámetro polar | 12.11 | 8 | 1.51 | 11.93 | < 0.001 |
| Error | 9.26 | 73 | 0.13 | | |
| Total | 21.37 | 81 | | | |

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Zar, 1996) para los diámetros ecuatorial y polar, presenta alto grado de diferencia entre las accesiones en cuanto al tamaño de la fruta y pone en evidencia, que las accesiones para el tamaño de frutos provienen por lo menos de tres poblaciones distintas: Una población que comprende las accesiones 7, 51 y 72, una segunda población, que comprende los grupos 8 (4 accesiones), 5 (6 accesiones) y 6 (11 accesiones), la tercera población incluye a los grupos 1 (19 accesiones), 2 (14 accesiones), 3 (11 accesiones) y 4 (9 accesiones) como indican las tablas 20a y 20b.

Tabla 20a. Comparaciones múltiple entre el diámetro ecuatorial de 82 accesiones de *Crataegus* de acuerdo con Tukey (Zar, 1996).

| Grupo/Genotipo | Nº de accesiones | Diam. Ecuatorial promedio SD ¹ | Rango de accesiones |
|----------------|------------------|---|-------------------------|
| 1 | 19 | 2.15 ± 0.08 d* | 1.32(A42) - 2.54(A12) |
| 2 | 14 | 2.52 ± 0.06 cd | 1.78(A66) - 2.74(A17) |
| 3 | 11 | 2.77 ± 0.09 bc | 1.89(A70) - 3.02(A30) |
| 4 | 9 | 2.89 ± 0.13 bc | 2.11(A-44) - 3.20(A-81) |
| 5 | 6 | 2.83 ± 0.16 bc | 2.28(A-46) - 3.32(A-31) |
| 6 | 11 | 3.03 ± 0.11 bc | 2.40(A47) - 3.53(A13) |
| 7 | 5 | 3.06 ± 0.14 b | 2.50(A45) - 3.18(A-47) |
| 8 | 4 | 3.22 ± 0.25 b | 2.53(A-73) - 3.5(A-57) |
| 9 | 3 | 3.97 ± 0.19 a | 3.59(A-72) - 4.20(A-7) |
| Total | 82 | 2.73 ± 0.38 | 2.64 - 2.81 |

¹ SD = Desviación estándar

* Literales diferentes indican diferencias significativas (P<0.05)

Tabla 20 b. Comparaciones múltiple entre el diámetro polar de 82 accesiones de *Crataegus* de acuerdo con Tukey (Zar, 1996).

| Grupo/Genotipo | Nº de accesiones | Diám. Polar promedio SD ¹ | Rango de accesiones |
|----------------|------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1 | 19 | 2.00 ± 0.08 c | 1.18(A-43) - 2.55(A-18) |
| 2 | 14 | 2.36 ± 0.08 bc | 1.38(A66) - 2.55(A-18) |
| 3 | 11 | 2.50 ± 0.09 b | 2.39(A-54) - 2.64(A-30) |
| 4 | 9 | 2.62 ± 0.11 b | 1.80(A-44) - 2.82(A-28) |
| 5 | 6 | 2.84 ± 0.15 b | 2.16(A46) - 3.26(A-53) |
| 6 | 11 | 2.75 ± 0.11 b | 2.08(A-49) - 3.15(A-34) |
| 7 | 5 | 2.84 ± 0.25 ab | 2.40(A-71) - 3.23(A-5) |
| 8 | 4 | 2.95 ± 0.23 ab | 2.20(A-73) - 3.19(A-55) |
| 9 | 3 | 3.67 ± 0.17 a | 3.32(A-72) - 3.88(A-7) |
| Total | 82 | 2.52 ± 0.39 | 2.42 - 2.70 |

¹ SD = Desviación estándar

* Literales diferentes indican diferencias significativas (P< 0.05).

Tomando en cuenta el contenido (peso) de la pulpa de fruto de tejocote, hemos encontrado al igual que el peso de los frutos, diferencias altamente significativas ($F_c = 132.4$, $P < 0.001$) entre diferentes procedencias (Tabla 21). Las mejores procedencias fueron las accesiones 7 y 51 con un peso promedio de 14.2 g en comparación con las accesiones 9 (0.44g), 21 (0.76g). El resto de las accesiones tuvieron un peso promedio de la pulpa de uno hasta ocho gramos.

Tabla 21. Resultados de análisis de varianza sobre el contenido de la pulpa (g) de 82 accesiones de *Crataegus*.

| Fuentes de Variación | Σ Cuadrados | G. L. | C. Medio | Fc | Probab. |
|----------------------|--------------------|-------|----------|--------|---------|
| Peso de pulpa | 693.09 | 8 | 86.64 | 132.46 | < 0.001 |
| Error | 47.75 | 73 | 0.65 | | |
| Total | 21.37 | 81 | | | |

Las comparaciones múltiples entre diferentes accesiones demuestran que los 82 ejemplares estudiados para determinar el peso de la pulpa provienen de 8 genotipos distintos como indica la tabla 22. Lógicamente el peso de la pulpa está en concordancia con el peso del fruto (ver Tabla 18). El genotipo con mas grado de variabilidad corresponde a las accesiones 7, 51 y 72, con una desviación típica mayor a 2.33 g.

Tabla 22. Resultados correspondientes a las comparaciones múltiple sobre el contenido en pulpa (g) de frutos de 82 accesiones de *Crataegus* de acuerdo con Tukey (Zar,1996).

| Grupo/Genotipo | Nº de accesiones | Peso en pulpa SD ¹ | Rango de accesiones |
|----------------|------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 1 | 19 | 1.44 = 0.10 h* | 0.44(A-9) - 1.91(A-16) |
| 2 | 14 | 2.50 = 0.08 g | 1.92(A-4) - 3.27(A-8) |
| 3 | 11 | 3.52 = 0.10 fg | 2.62(A-79) - 4.12(A-30) |
| 4 | 9 | 4.58 ± 0.13 ef | 4.16(A-60) - 5.37(A-29) |
| 5 | 6 | 5.76 ± 0.28 de | 2.55(A-6) - 6.28(A-31) |
| 6 | 11 | 6.47 ± 0.18 cd | 5.36(A-56) - 7.37(A-47) |
| 7 | 5 | 7.85 ± 0.21 bc | 7.14(A-38) - 8.45 (A-5) |
| 8 | 4 | 8.26 ± 0.38 b | 7.13(A-73) - 8.82(A-57) |
| 9 | 3 | 14.24 ± 2.33a | 9.77(A-72) - 17.61(A-51) |
| Total | 82 | 4.43 ± 0.09 | ----- |

¹ SD = Desviación estándar

* Literales diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Para relacionar los parámetros medidos sobre la fruta se determinó el peso de frutos de 82 accesiones de diferentes procedencias. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza para detectar diferencias entre las procedencias. Los resultados obtenidos indican la existencia de diferencias significativas en cuanto al peso de la semilla entre diferentes accesiones en estudio con un valor de $F_c = 5.53$ y una probabilidad inferior al 0.01 (1%), como indica la tabla 23.

Tabla 23. Análisis de varianza sobre el peso de semilla (g) de 82 accesiones de *Crataegus*.

| Fuentes de Variación | Σ Cuadrados | G. L. | C. Medio | Fc | Probab. |
|----------------------|--------------------|-------|----------|------|---------|
| Peso de semillas | 4.99 | 8 | 0.62 | 5.53 | <0.01 |
| Error | 8.26 | 73 | 0.11 | | |
| Total | 13,25 | 81 | | | |

De la tabla de comparaciones múltiples sobre el peso de las semillas, se pueden distinguir tres poblaciones : Una población constituida por 19 accesiones, con un peso promedio de semilla de 300 mg siendo la procedencia de menor producción, tanto en el peso del fruto como en la cantidad de semillas. La segunda población corresponde a 25 accesiones con un promedio de 4.9 g de semilla por fruta, la tercera incluye a 31 accesiones, cuyo valor promedio en peso de semillas oscila entre 6.1 y 8.8 g y finalmente la cuarta población comprende siete accesiones, con un promedio de 1.1 g de semillas, consideradas como procedencias de alta producción en peso de fruta y de semillas (Tabla 24).

Tabla 24. Comparaciones múltiple sobre el peso de semillas (g) de frutos de 82 accesiones de *Crataegus* de acuerdo con Tukey (Zar,1996).

| Grupo/Genotipo | Nº de accesiones | Peso de semilla SD ¹ | Rango de accesiones |
|----------------|------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1 | 19 | 0.300 = 0.03 c* | 0.17(A-33) - 0.52(A-62) |
| 2 | 14 | 0.49 = 0.04 bc | 0.51(A-66) - 0.75(A-8) |
| 3 | 11 | 0.49 = 0.03 bc | 0.29(A-54) - 0.61(A-37) |
| 4 | 9 | 0.61 ± 0.11 abc | 0.32(A-3) - 1.42(A-28) |
| 5 | 6 | 0.76 ± 0.16 abc | 0.53(A-40) - 1.53(A-53) |
| 6 | 11 | 0.88 ± 0.22 abc | 0.51(A-27) - 3.07(A-49) |
| 7 | 5 | 0.71 ± 0.07 ab | 0.47(A-71) - 0.86(A-38) |
| 8 | 4 | 1.14 ± 0.19 ab | 0.87(A-35) - 1.69(A-55) |
| 9 | 3 | 1.11 ± 0.02 a | 1.07(A-51) - 1.14(A-7) |
| Total | 82 | 0.60 ± 0.04 | 0.51 -- 0.68 |

¹ SD = Desviación estándar

* Literales diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05).

Determinación de relaciones funcionales entre diferentes parámetros frutales de *Crataegus*.

Para la determinación de relaciones funcionales entre el peso (fruta, pulpa y semilla) con los diámetros ecuatorial y polar, se efectuó un análisis de regresión múltiple, donde se determinó los coeficientes de regresión y de correlación, así, como el coeficiente de determinación. Los resultados sobre el grado de asociación entre los parámetros, así como las ecuaciones del modelo de regresión se presentan en la tabla 25.

Tabla 25. Resultado de análisis de regresión y de correlación entre diferentes parámetros medidos sobre la fruta de 82 accesiones de *Crataegus*.

| | P. Fruto | D. Ecuat. | D. Polar | P. Pulpa | P. Semilla |
|------------|----------|-----------|----------|----------|------------|
| P. Semilla | 0.54 | 0.35 | 0.39 | 0.56 | ----- |
| P. Pulpa | 0.98 | 0.73 | 0.72 | ----- | |
| D. Polar | 0.71 | 0.89 | ----- | | |
| D. Ecuat. | 0.72 | ----- | | | |
| P. Fruto | ----- | | | | |

Los resultados sobre el análisis de regresión indican un alto grado de asociación entre el peso de fruto-peso de la pulpa ($r = 0.98$), peso de la pulpa con los diámetros ecuatorial ($r = 0.73$) y diámetro polar ($r = 0.72$) así mismo entre el peso del fruto con ambos diámetros.

La correlación entre el peso de semilla con los diámetros y el peso de la pulpa fue menor (de 0.35 a 0.56) en comparación al peso de la fruta.

El análisis de regresión ha demostrado una dependencia positiva entre las variables medibles, indicando sobre todo una dependencia estrecha entre el peso y los diámetros (coeficiente de determinación $r^2 = 96.37\%$ y 79.27%).

En la tabla 26 se presenta la varianza genética, que es de mayor grado en el peso del fruto (647) y peso de la pulpa (412), la heredabilidad es mas alta (41) en el peso de la pulpa y el avance genético en el peso de la pulpa (927) y en el peso del fruto (14) y menos en el diámetro polar y diámetro ecuatorial; esto indica que existe un potencial de selección donde la heredabilidad es más alta, en éste caso, en el peso de la pulpa y diámetro polar, aunque el avance genético del peso de la pulpa no es muy alto (27); éstas características pueden ser utilizadas para el mejoramiento genético.

Tabla 26: Varianza genética y heredabilidad de algunos caracteres del fruto en 82 accesiones

| Variabes | Vg. | Heredabilidad | G. A. |
|--------------------------|-----|---------------|-------|
| Peso del Fruto (gr) | 647 | 28 | 14 |
| Diámetro Ecuatorial (cm) | 21 | 23 | 2 |
| Diámetro Polar (cm) | 22 | 36 | 6 |
| Peso de la Pulpa (gr) | 412 | 41 | 27 |

Estudio de la anatomía del fruto

Grosor de la Cutícula

Para conocer el grado de variación cuticular que reflejen una relación a las condiciones ambientales, se estudiaron los frutos de acuerdo al aspecto de la cutícula en igualdad de condiciones (turgencia, consistencia) y tamaño del fruto, mostrando grandes variaciones, tomando como base las líneas de adaptación propuestas en la figura 45, se señalan a continuación las variantes en grosor-tamaño de los frutos en las accesiones observadas:

| ACCESION | GROSOR DE CUTICULA (micras) | NUMERO DE LENTICELAS (mm ²) | LINEAS DE ADAPTACION |
|--------------|-----------------------------|---|----------------------|
| J41 9/7 | 18 | 0.6 | 1 |
| J41 8/10 | 15 | 1.7 | 2 |
| J41 H10/9 | 17 | 1.7 | 3 |
| J41 5/30 | 15 | 1.0 | 4 |
| J41 9/18 | 20 | 1.0 | 1 |
| J4 18/3 | 17 | 1.2 | 2 |
| J42 H8 /62 | 15 | 1.7 | 3 |
| J41 3 /38 | 18 | 1.2 | 4 |
| J41 3 /11 | 10 | 1.2 | 1 |
| J41 2 /21 | 5 | 2.0 | 2 |
| J42 H9 /14 | 5 | 1.2 | 3 |
| J41 2 /30 | 8 | 2.2 | 4 |
| J41 9 /6 | 20 | 0.2 | 1 |
| J41 10 /29 | 12 | 1.2 | 2 |
| J42 H 10 /34 | 10 | 2.5 | 3 |
| J41 6 /4 | 8 | 2.2 | 4 |

De acuerdo a lo observado lleva a definir que las accesiones colectadas que poseen frutos de mayor tamaño se desarrollan en ambientes, que, si bien no son de todo benignos, al menos ofrecen mejores condiciones para su desarrollo; el grosor cuticular desempeña un papel preponderante en el desarrollo del fruto.

Ultraestructura

Existe gran variación en la superficie del fruto debido al tipo de cera depositado que ocasiona modificaciones en el aspecto de la cutícula, la cual puede variar de brillante a opaca, ocasionado por la forma de la cera que gradualmente se deposita en la epidermis cuticular, así, las accesiones J41 H9/3 y H42 H48/17 muestran una cera lisa que proporciona brillantez a la cutícula, estas, contrastan con las accesiones H42 H9/34 y J41 10/29 con cera intermedia que proporciona una superficie semibrillante, a diferencia de las accesiones H41 H8/14 y J42 3/13 que poseen una cera dispersa y presentan una superficie opaca; Figuras 41 y 42. De los estudios realizados, se observó que continuamente se deposita cutícula y ceras sobre las células epidérmicas del epicarpio, por lo que en la madurez la cera epicuticular forma una estructura visible y diferenciada, alcanzando en esta etapa su máximo grosor. Se ha sugerido que la forma y estructura de las diferentes capas de cera son factores de gran importancia para determinar las tasas de pérdida de agua (Chambersy Possingham 1963; Denna 1970).



Figura 34 a

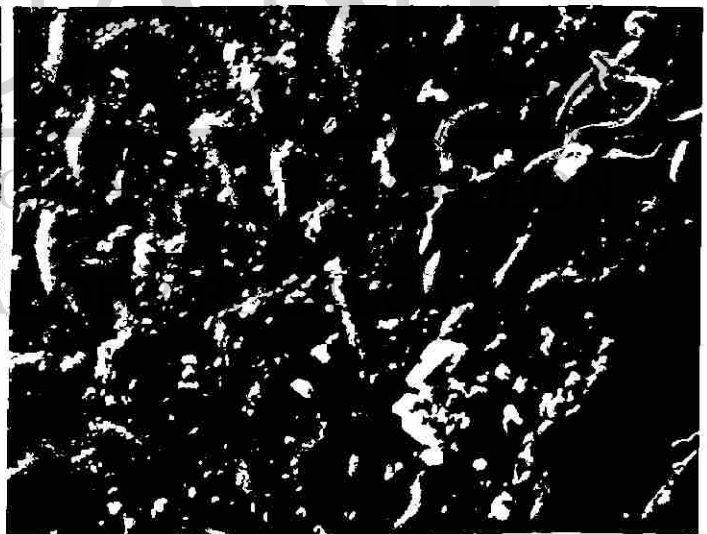


Figura 34 b

Figura 34 a) J41 H9/3, b) J42 48/17 La cera es lisa proporciona brillantez a la cutícula. Observación al microscopio electrónico de barrido.

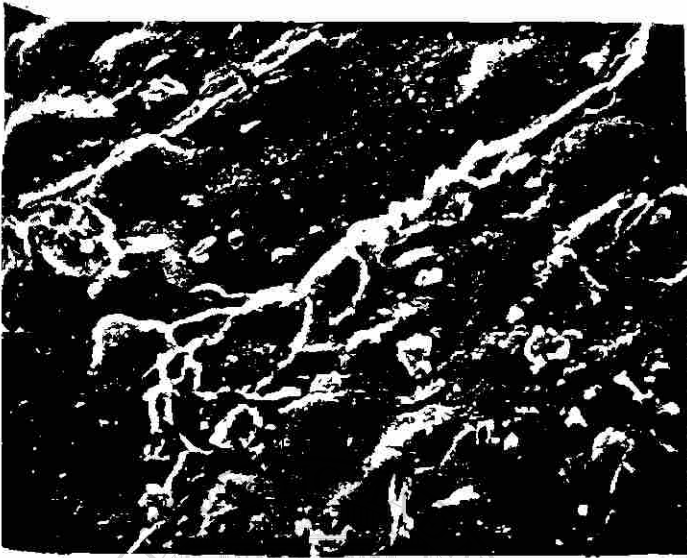


Figura 35 a

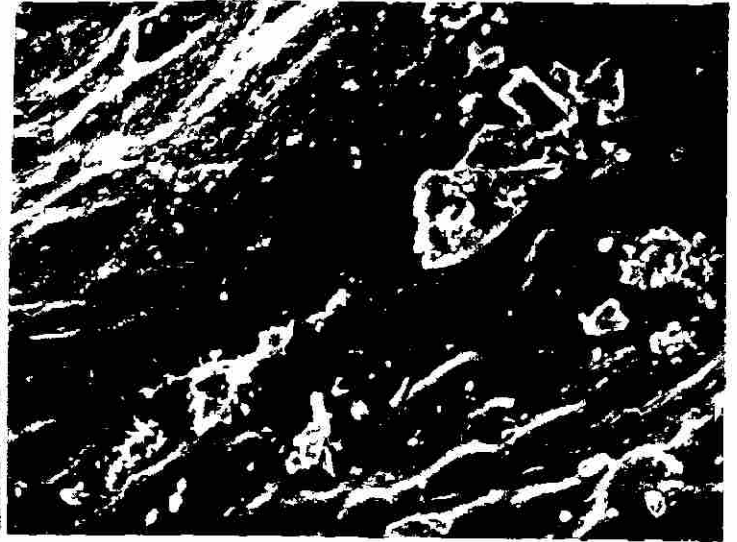


Figura 35 b

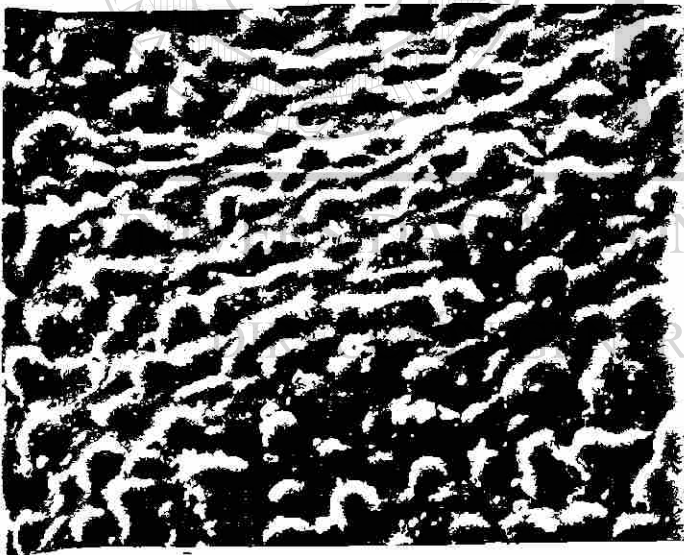


Figura 35 c



Figura 35 d

Figura 35 a) Accesión J42 H9/34, b) Accesión J41 10/29 cera intermedia, refleja una superficie semibrillante. c). Accesión J41 H8/14. d) Accesión J42 H3/13. Cera irregularmente dispersa que proporciona una superficie opaca. Observación al microscopio electrónico de barrido.

Lenticelas

Las lenticelas se encuentran en la región cuticular, en zonas bien definidas que poseen gran número de células dispersas, de naturaleza laxa. La función de las lenticelas se relaciona con el intercambio gaseoso; estas estructuras presentan grandes modificaciones, entre las diferentes accesiones estudiadas su tamaño varía de 0.01mm a 0.08 mm de diámetro, su número fluctúa de 0.2 a 2.5 por mm^2 asimismo presentan grandes variaciones en la forma y número de prolongaciones. En relación a la superficie de la cutícula, las lenticelas pueden ser superficiales, semihundidas y hundidas. Figuras 36, 37 y 38.



Figura 36 a



Figura 36 b

Figura 36a) Accesoión J41 10/29. Lenticela y brazos con células de relleno con cera epicuticular difusa que proporciona una superficie opaca.b) Accesoión J42 H9/34.Lenticelas ovoides con grandes y numerosos canales de interconexión. Observación al microscopio electrónico de barrido.

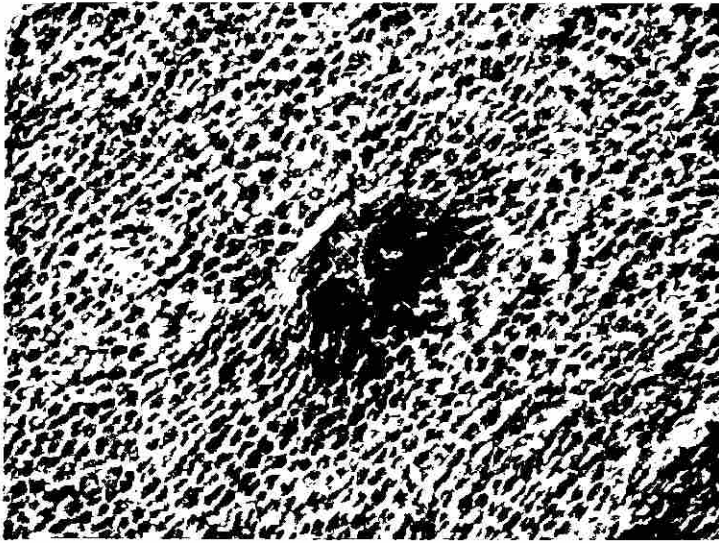


Figura 37 a

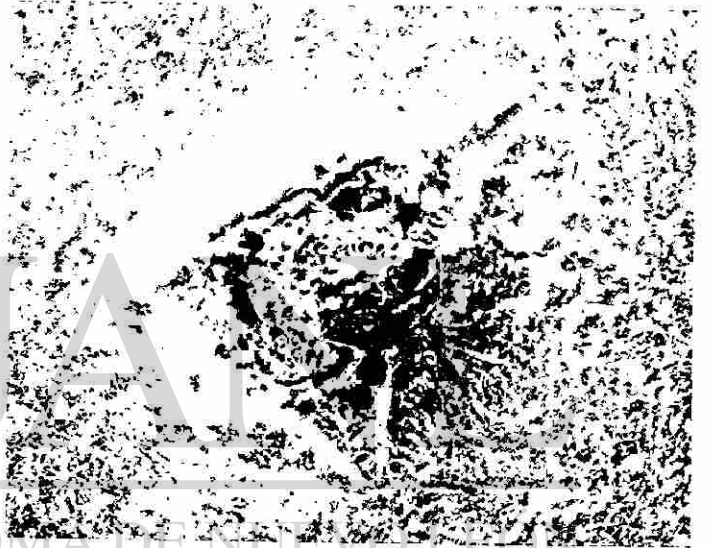


Figura 37 b

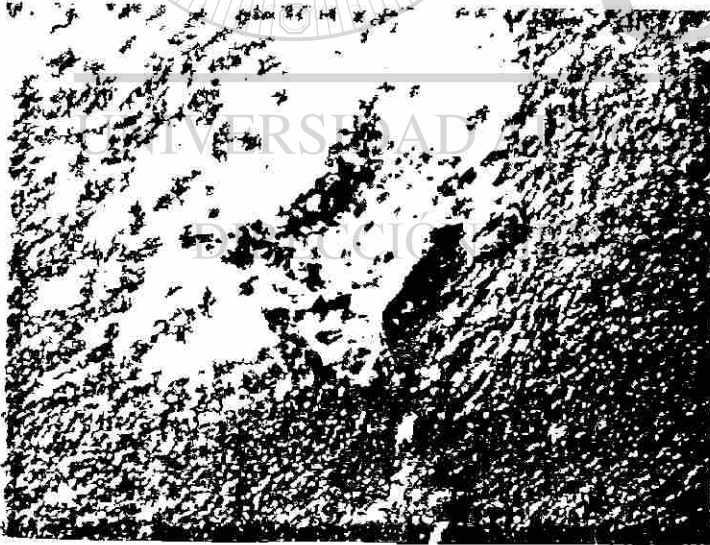


Figura 37 c

Figura 37: a) accesión J42 47/11, lenticela hundida rodeada de células dispersas de naturaleza laxa. b) Accesión J42 H8/32, lenticela con tres brazos de forma triangular, las células de relleno externas en proceso de desprendimiento. c) Accesión J41 3/40 lenticela semihundida con 4 brazos y cera epicuticular difusa. Observación al- microscopio electrónico de barrido., .



Figura 38 a

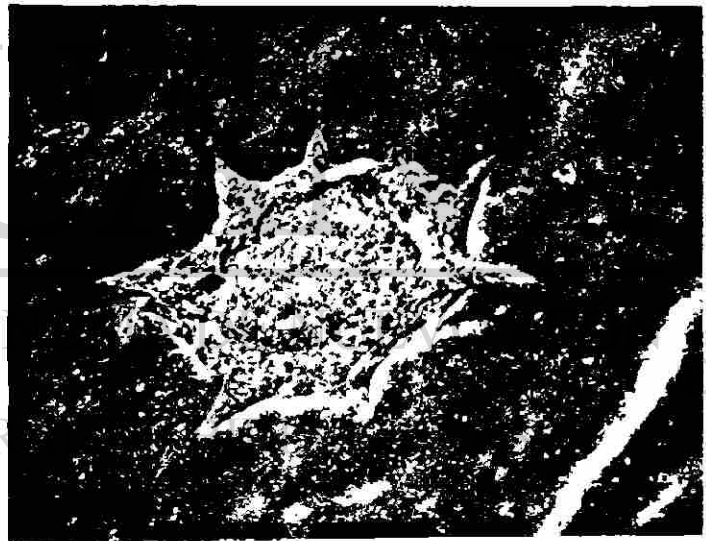


Figura 38 b

Figura 38. a) Accesoión J42 H269 lenticela con brazos en diferentes etapas de desarrollo, los brazos de mayor grosor, muestran fisuras que se comunican con el mesocarpio, células de relleno numerosas. b) Accesoión J 41 H9/3, lenticela superficial con brazos numerosos de forma triangular, células de relleno compactas. Observación al microscopio electrónico de barrido.

Anatomía del pedúnculo

La sección transversal del pedúnculo muestra la siguiente estructura: una capa gruesa de cutícula la cual muestra grandes depósitos de sales, esta se encuentra sustentada por una doble capa de células epidérmicas, enseguida se presenta un amplio espacio ocupado por células de colénquima, consecutivamente, se presenta una banda de fibras, una banda vascular y finalmente hacia la región central el parénquima medular. En el análisis de 30 cortes del pedúnculo se presenta una gran variabilidad en la estructura de la banda vascular, en relación al número total del haz y su tamaño, así como, al grosor del floema y el tamaño total del haz; se presentan dos accesiones que poseen una doble banda vascular, deduciéndose, que ésta variabilidad está influenciada por condiciones ambientales.

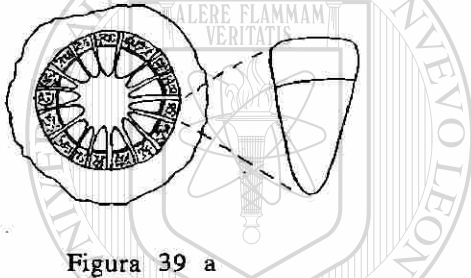


Figura 39 a

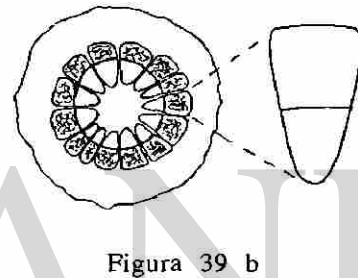


Figura 39 b

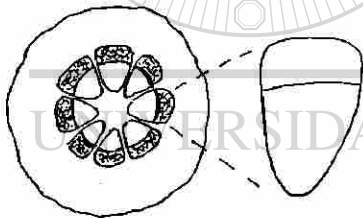


Figura 39 c

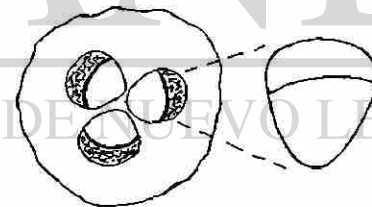


Figura 39 d

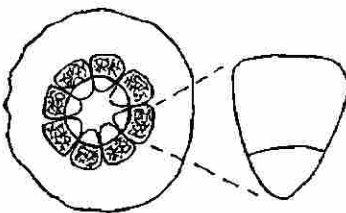


Figura 39 e

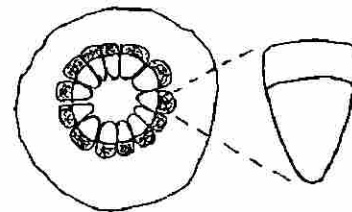


Figura 39 f

Figura 39. Patrón de banda vascular en las accesiones a) J42H10/34, b) J41 6/4 c) J41 10/32 d) J41 9/8 e) J41 9/18 f) J41 8/3.

Semillas

Se estudiaron las semillas de 93 accesiones con el fin de conocer su longitud, diámetro ventral y lateral para definir su variación morfológica. El análisis de varianza de las variables morfológicas en la semillas de 93 accesiones presentan una diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre las accesiones para las variables longitud de semilla, grosor ventral y grosor lateral, demostrando gran heterogeneidad para estos caracteres.

Tabla 27. Análisis de varianza de longitud de la semilla

| Fuente de Variación | Σ Cuadrado | G.L. | Cuadrado de Media | Fe | F |
|---------------------|-------------------|------|-------------------|-------|------|
| Accesiones | 24.80 | 92 | 0.26 | 36.83 | 0.00 |
| Error | 14.90 | 2037 | 0.00 | | |
| Total | 39.71 | 2129 | | | |

Tabla 28 Análisis de varianza del diámetro ventral de la semilla

| Fuente de Variación | Σ Cuadrado | G.L. | Cuadrado de Media | Fe | F |
|---------------------|-------------------|------|-------------------|-------|------|
| Accesiones | 6.85 | 92 | 0.07 | 17.53 | 0.00 |
| Error | 8.65 | 20 | 0.00 | | |
| Total | 15.51 | 21 | | | |

Tabla 29 :Análisis de varianza del diámetro lateral de la semilla

| Fuente de Variación | Σ Cuadrado | G.L. | Cuadrado de Media | Fe | F |
|---------------------|-------------------|------|-------------------|-------|------|
| Accesiones | 11.06 | 92 | 0.12 | 15.25 | 0.00 |
| Error | 16.06 | 2037 | 0.00 | | |
| Total | 27.13 | 2129 | | | |

Tabla 30: Correlación de parámetros de semillas de 90 accesiones

| Correlaciones | Longitud | Dia. Ventral | Dia. Lateral |
|---------------|----------|--------------|--------------|
| Longitud | 1.00 | 0.69 | 0.54 |
| Ventral | 0.69 | 1.00 | 0.43 |
| Lateral | 0.54 | 0.43 | 1.00 |

La frecuencia de distribución de la longitud de la semilla muestra una tendencia a distribución normal asimétrica donde la mayoría de las accesiones tienen un tamaño entre 1.55 y 1.65 cm, las semillas de menor tamaño son menos frecuentes, corresponden, éstas a las accesiones de frutos grandes.

Longitud de semilla
Distribución entre las 93 accesiones

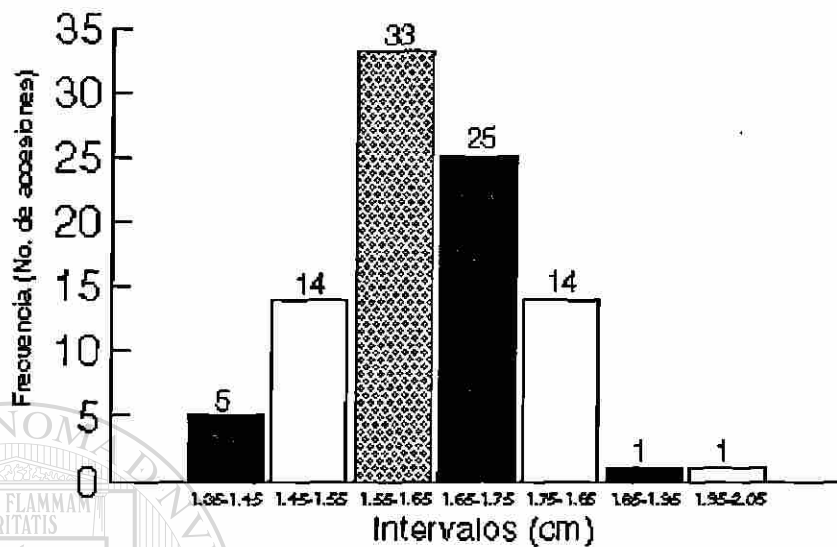


Figura 40

La frecuencia de distribución del diámetro ventral de la semilla muestra una tendencia de distribución normal. El mayor número corresponde a 1.32 - 1.36 cm, el diámetro mayor, está relacionado a las semillas de mayor tamaño.

Diámetro ventral de semilla
Distribución entre las 93 accesiones

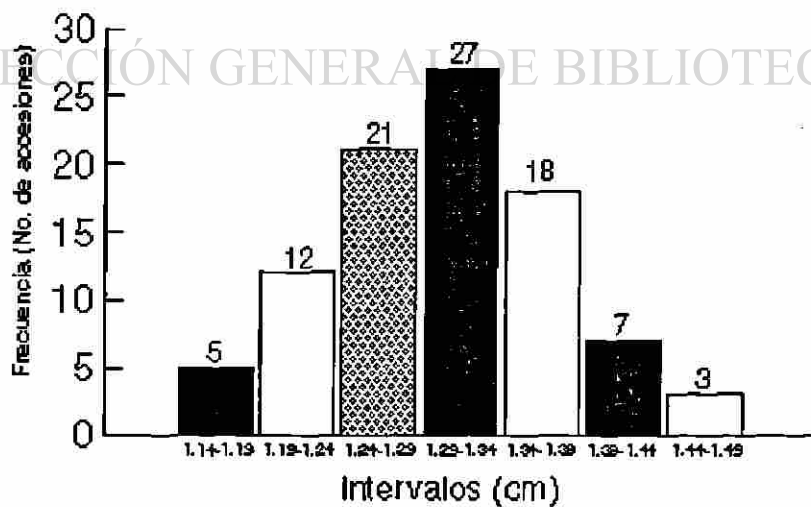


Figura 41

La frecuencia de distribución del diámetro lateral de la semilla muestra una tendencia de distribución normal asimétrica. esta característica es muy variable entre algunas accesiones, el tamaño de semillas se encuentra en relación al mesocarpio.

Diámetro lateral de semilla
Distribución entre las 93 accesiones

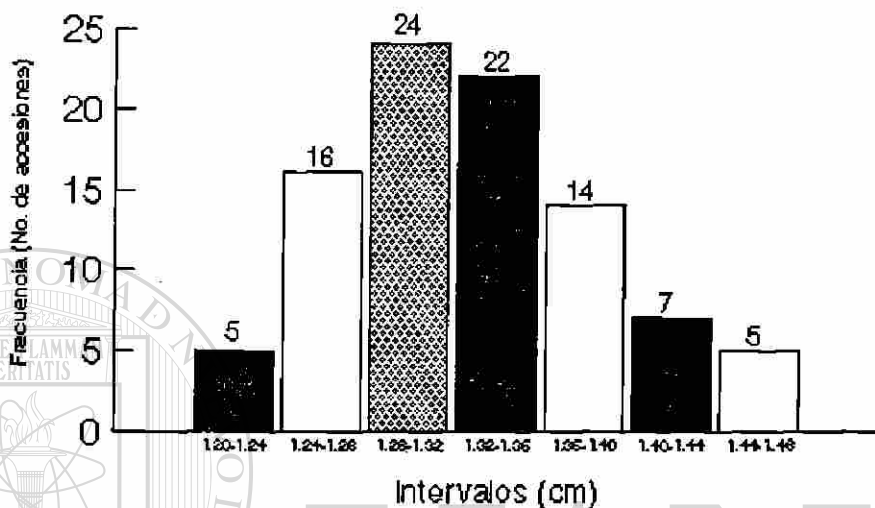


Figura 42

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DISCUSION

Por la importancia que presentan los frutos tanto local como regionalmente en México y por la importancia económica para los campesinos, se inició el presente trabajo sobre tejocote con la intención de conocer el material colectado mediante estudios que definan sus mecanismos de adaptación y su relación con el ambiente, dada su alta hibridación y su complejo comportamiento agronómico. Se trabajó bajo la hipótesis de que el estudio de la variabilidad de las características morfológicas y estructurales de las diversas partes de ésta planta contribuirán a definir el grado de complejidad entre las accesiones y comprender su relación a las condiciones ambientales para en un futuro inmediato definir los ejemplares que posean características morfológicas y estructurales que generen alta producción de materia prima para la agroindustria, la cual beneficie a los habitantes de diferentes zonas ecológicas. Para confirmar la hipótesis sobre la relación de la variabilidad morfológica y estructural de los diferentes órganos de plantas como respuesta a una mejor adaptación ambiental, se analizó la morfología y estructura de vegetales de *Crataegus*.

Los resultados obtenidos sobre los parámetros de crecimiento demuestran que existe una amplia variación en la morfología del tallo confirmando que su ramificación es variable en número y longitud, las cuales se desprenden de un tallo principal originado de una distribución regular o irregular como respuesta a las condiciones ambientales específicas. Se observó también que algunas accesiones muestran espinas de consistencia, longitud y distribución variadas proporcionando una fisionomía muy particular, ésta información concuerda con la obtenida por Pérez Martínez et al (1984) quienes señalan la existencia de árboles de altura variable con o sin espinas y de copa variable, asimismo con lo señalado por Rodríguez, et al., (1991) en relación a los valores muy amplios en altura, circunferencia y diámetro de la copa, indicando una gran variabilidad tanto dentro de la procedencia como entre los genotipos. Se encontraron similares resultados por Callejas et al (1991) que indican una gran variabilidad entre los valores mínimos y máximos de brotes de fructificación, su longitud, área y número.

En este trabajo se evaluaron las características y disposición de los elementos del xilema secundario, destacando la presencia de vasos largos y angostos de ápices inclinados y puntuaciones escalariformes, todo esto indica la presencia de caracteres primitivos (Metcalf, 1972); lo que se refleja también al observar algunas características morfológicas en el microscopio de barrido. La madera muestra en su sección

transversal vasos de diámetro muy variado con paredes gruesas y parénquima paratraqueal incompleto. El estudio sobre la estructura de madera muestra en su sección longitudinal radios de longitud muy variada y altamente heterogéneos uniseriados y biseriados, con puntuaciones escalariformes y puntuaciones de borde alternas, lo anterior corrobora una alta heterogeneidad derivados de antiguos y continuos entrecruzamientos.

Un proceso lento pero aparentemente estable hacia adaptaciones a las diversas condiciones adversas del ambiente, lo muestra el xilema en sección transversal mostrando gran irregularidad donde destaca el parénquima paratraqueal el cual es incompleto, esto aunado a un gran grosor de la fibra indica una adaptación hacia condiciones de restricciones hídricas, se refleja además, en una gran dureza de la madera; esto se comprueba con el análisis de varianza que señala la diferencia altamente significativa para cada variable estudiada, corroborando así, su gran variabilidad.

Al estudiarse las estructuras foliares de 127 accesiones, se conocieron sus características morfológicas con el fin de corroborar el grado de variación anatómica y estructural que posee este órgano, las observaciones estructurales se desarrollaron con material vivo y maduro observando que el tipo de hoja varía muy grandemente, muchas accesiones muestran hojas simples pudiendo ser enteras, dentadas, ligeramente lobuladas, crenadas o con mezcla de las dos características de su margen, el tipo más común se resume en hojas simples, dentadas con venación craspedódroma. Por todo lo señalado existe una alta variabilidad en la forma, tamaño, nervadura, ápice, base y tamaño corroborando lo señalado por Borys, (1991) Phipps (1991, 1992) y Robertson et al, (1992). Los estudios estadísticos muestran una gran variabilidad mostrando una diferencia altamente significativa entre los diversos grupos, el análisis discriminante muestra que el grado de variabilidad de la forma de la hoja es más notable para el largo y ancho que el de nervadura; por lo que se proponen tres líneas de adaptación que permiten explicar la secuencia de adaptación hasta adquirir un carácter xeromórfico. En base a los estudios de las 127 accesiones, se proponen líneas de adaptación foliar.(Fig. 46).

Líneas de adaptación foliar

No existe información respecto a la tendencia de la modificación foliar y sus mecanismos de adaptación, por lo que se examinaron morfológicamente los 127 accesiones con la pretensión de postular etapas transicionales que expliquen la adaptación a condiciones de aridez, se obtuvieron 10 tipos representativos que reflejan las condiciones morfológicas predominantes, con la siguiente secuencia:

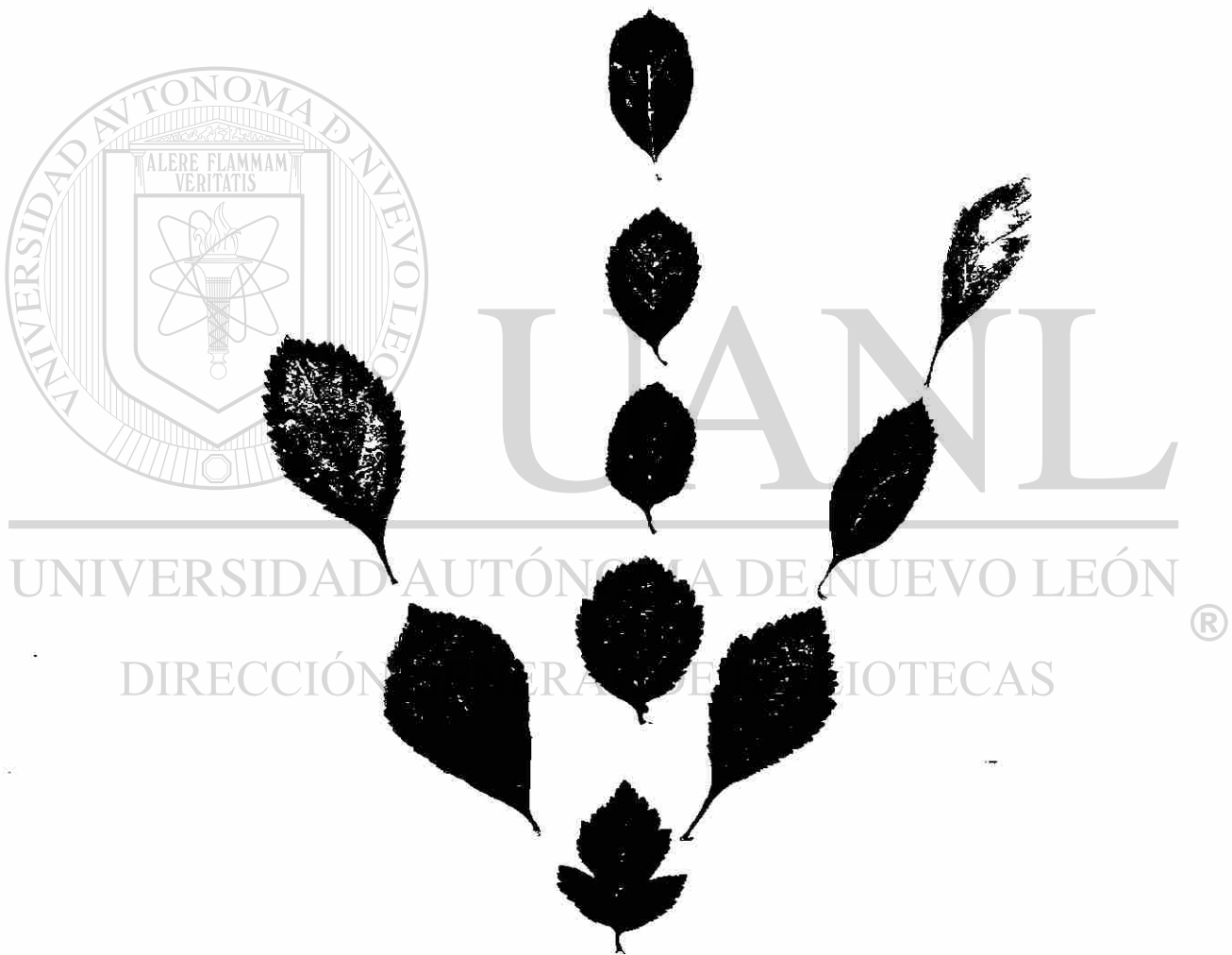


Figura 43. Líneas de adaptación foliar

Este esquema tiene como base un representante de las accesiones con características foliares de naturaleza lobulada, con cutícula comparativamente delgada, de esta se desprenden tres líneas, una central que agrupa a 92 accesiones que termina con una accesión de hoja relativamente pequeña con cutícula gruesa, demostrando una reducción gradual del tamaño y aumento del grosor de la cutícula que señala una adaptación al ambiente adverso. La línea dirigida hacia la derecha posee 29 accesiones, el inicial posee una lámina foliar tenuemente lobulada, concluyendo en lámina mas elongada, esta 2a. línea posee menor número de accesiones en comparación a la línea principal, posee, de acuerdo a su estructura, menor capacidad de adaptación al estrés hídrico. Finalmente la 3a. línea incluye a 27 accesiones, iniciándose con una accesión de lámina relativamente mas ancha que larga, concluye con una accesión de naturaleza similar y cutícula delgada, esta línea incluye el menor número de accesiones, probablemente por su poca adaptación a las condiciones ambientales, su estructura indica una mayor transpiración y es susceptible a limitantes hídricos. Estos resultados reflejan que el alto número de accesiones que se incluyen en la línea principal, es el indicador del mayor rango de adaptación ambiental, corroborado por las características similares que muestran los ejemplares de Nuevo León, los cuales se encuentran adaptados a las condiciones de aridez.

De acuerdo a los esquemas señalados nuestros resultados sobre las líneas de adaptación foliar corrobora las suposiciones de Robertson, et al.,(1992) que señalan que las especies de *Crataegus* del viejo mundo son característicamente mas pequeñas, de igual forma se corrobora que las hojas lobuladas o bien pinnadamente compuestas son consideradas primitivas en las Rosales, de acuerdo a Hickey y Wolfe, (1975) Kalkman, (1988) y Phipps, (1992), éste último autor postula que las Maloideae surgieron a través de una evolución policotómica lo que explica la alta diversidad de hojas en *Crattaegus*. Estudios de la superficie de la hoja en el haz y en el envés que se presentan en este estudio muestran gran apoyo para confirmar la anterior hipótesis de adaptación ambiental.

Debido al paradigma ecológico que el follaje juvenil en muchas especies leñosas existe en mayor riqueza en un ambiente muy húmedo mas que el follaje adulto y al hecho que generalmente ocurre una transición de hoja pinnada a simple. Phipps et al., (1991) suponen que esto se encuentra relacionado con gran xeromorfismo, este estudio corrobora la gran adaptación de las hojas simples a un ambiente xerofítico. Por los resultados obtenidos en ese trabajo se demuestra que las hojas simples poseen una alta

adaptación a las condiciones de aridez como lo supone este último autor, considera más primitivas las hojas simples.

La tendencia evolutiva de las características se corroboran mediante estudios de la ultraestructura del haz, muestra un depósito de capa cerosa de formas muy variadas que proporciona una imagen irregular o continua. Esta capa en la mayoría de los casos es gruesa, la cera tiene forma de cristales con grandes proyecciones que proporcionan brillantez o bien los cristales pueden estar agrupados proporcionando un aspecto semibrillante. El tercer grupo con cera epicuticular muy abundante de cristales distribuidos irregularmente dando al haz un aspecto brillante, se espera que la presencia de cera lisa refleje la energía luminosa, aumentando la reflexión de la radiación solar, disminuyendo la temperatura foliar y su grado de transpiración como también lo confirma (Maiti, 1993) quien señala que la ausencia de estomas en el haz es un carácter xerofítico.

En adición al conocimiento de la ultraestructura del haz, se procedió al estudio del envés, el cual muestra grandes variaciones, revelando características que corroboran una adaptación a las condiciones de aridez, las líneas de adaptación señaladas en la figura 43, proponen la secuencia de adaptación hacia una condición de estrés hídrico las modificaciones presentan los siguientes cambios destacados en cada accesión:

Grupo central: con 6 representantes de 72 accesiones, integrado por las

accesiones:

J41H2/32 Colocada en la base, de forma lobulada, cuya ultraestructura muestra gran número de estomas los cuales son de gran tamaño, con ostíolo abierto, en su superficie existe cera difusa y filamentosa con presencia de cristales.

J 42 3/14 forma lanceolada de estomas grandes con ligera reducción de tamaño con respecto a la accesión anterior, su cera epicuticular es difusa con cristales poco filamentosos, su superficie de aspecto rugoso lo que facilita la absorción de luz.

J41H2/11 forma elíptica incluye accesiones de un menor tamaño de sus hojas el número de estomas aumenta con una reducción de ostíolo lo que reduce la pérdida por transpiración, se observa un aumento en la

concentración de cera la cual es difusa.

J42 13/57 forma ovada, el número de estomas aumenta ,con ostíolos semejantes a la accesión anterior, la cera que cubre la superficie es mas lisa. y de menor rugosidad.

201 : Tamaño reducido de forma ovada elíptica, se observan un menor número de estomas y de tamaño más reducido, se observan los ostíolos mas cerrados, en su superficie existe mayor cantidad de cera lisa lo que proporciona mas brillantéz y refleja más eficientemente la luz. Esta accesión, por sus características, se encuentra adaptado a las condiciones de aridéz ya que las caractrísticas señaladas anteriormente , reducen la pérdida por transpiración.

Grupo lateral izquierdo: con 3 representantes, que incluya a 30 accesiones.

J42 19/31 De forma ovada, con estomas numerosos y ostíolos grandes y abiertos, la superficie posee cera difusa y rugosa.

J41H2/21 Elíptica lanceolada, estomas menores en número, con ostíolos de diámetro menor que la accesión anterior, cera difusa.

J41H4/18: Forma ovada; estomas menores en número, con ostíolos de diámetro menor, cera alrededor de las células guardia, superficie con cera lisa y difusa.

Grupo lateral derecho: Con 2 representantes los cuales incluyen 27 accesiones

J42 H8/59: Forma romboidea, con gran número de estomas cuyos ostíolos son grandes, la superficie cubierta con cera difusa de aspecto rugoso.

J42 7/25: Hoja redondeada elíptica, estomas en menor número, se observan ostíolos abiertos y la cera es mas lisa ofrece menor rugosidad, su superficie es mas brillante.

En conclusión, la evolución considera una reducción del tamaño foliar y en el grosor de la lámina asociado a características ultraestructurales como presencia de cera lisa y menor número de estomas con ostíolo pequeño, esto, otorga una ventaja fisiológica y estructural que tiene como consecuencia una disminución de la transpiración, reducción de temperatura foliar y reflexión de la luz con el fin de responder mejor a los ambientes adversos.

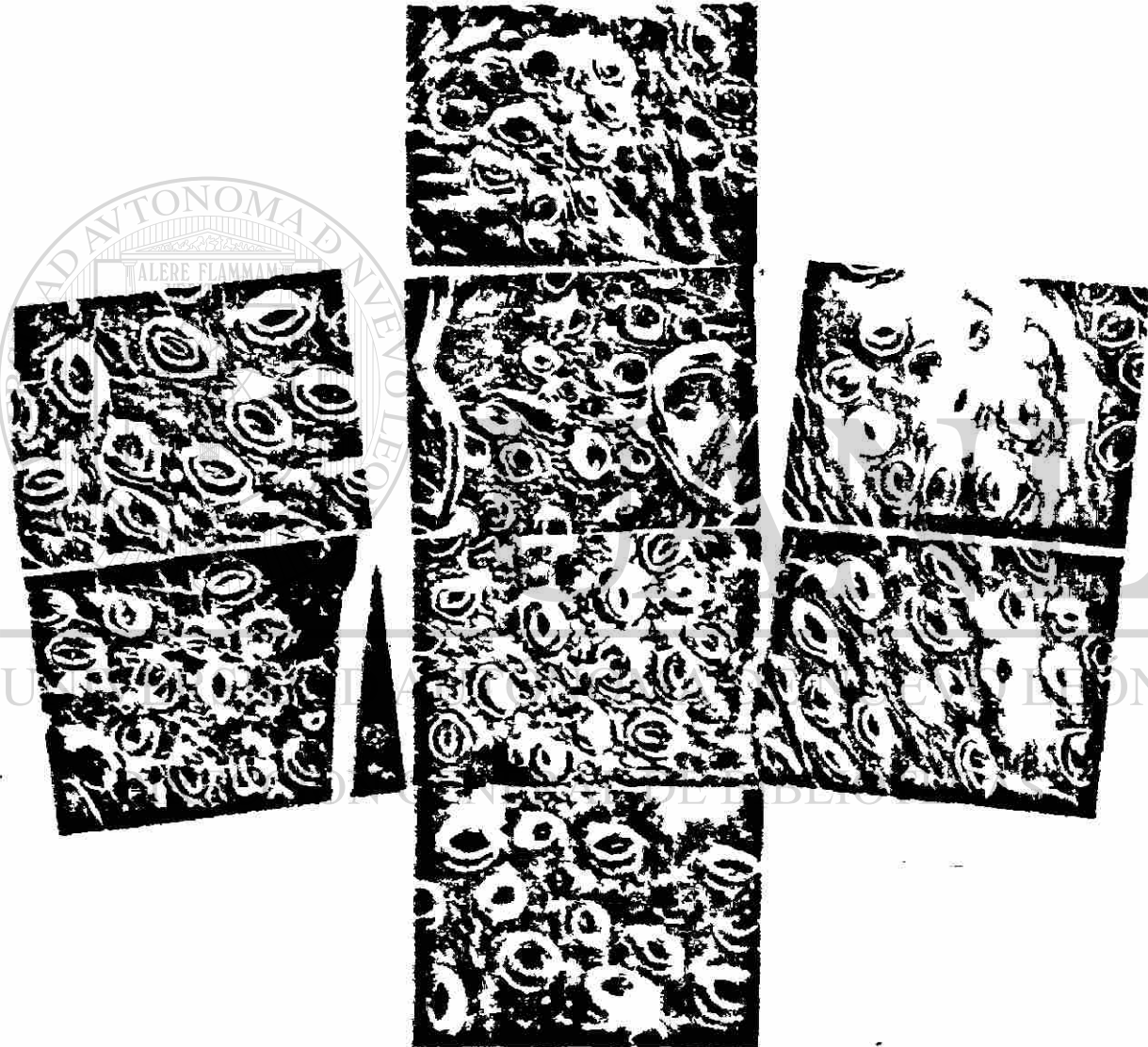


Figura 44 Ultraestructura del envés, destaca el grupo central con grandes variaciones en el extremo superior, se observa menor número de estomas, reducción en su tamaño y ostíolos reducidos, indicando una adaptación a las condiciones de aridez

Dada la importancia del pedúnculo en relación con el desarrollo del fruto, se estudiaron las características estructurales con el fin de documentar por primera vez en *Crataegus* estas determinaciones, se observó una gran variabilidad en la estructura de la banda vascular, en relación al número total del haz y su tamaño, así como al grosor de su floema y al tamaño total del haz. De los estudios se deduce que la alta variabilidad se encuentra influenciada por las condiciones ambientales, igual criterio sostiene Phipps, (1991, 1992) para las estructuras foliares y frutales. Los análisis desarrollados sobre diferentes variables muestran que no existe una correlación entre el área del floema y el tamaño del fruto, pero si una correlación altamente significativa (< 0.01) entre el área de la banda vascular y el tamaño del fruto, por lo que se puede confirmar que en el desarrollo del fruto no solo se requiere de una eficiente translocación de fotosintatos sino también de la intervención de elementos que actúen en la translocación de los nutrientes a través de la banda vascular necesarios para el desarrollo del fruto.

Se estudiaron las variaciones morfológicas de los frutos incluyendo una definición de las características ultraestructurales de su cutícula; al respecto, los estudios arrojaron un alto grado de variabilidad, lo que concuerda con Borys (1991), quien proporciona una alta heredabilidad en el peso de la pulpa y diámetro polar indicando un potencial de selección para el mejoramiento genético, el color, forma, tamaño y características del epicarpio, bajo una distribución normal. En las accesiones estudiadas, los frutos regularmente son de tamaño pequeño mostrando una superficie epicuticular muy irregular y gruesa dada las altas variaciones mostradas como una respuesta a las condiciones ambientales, se proponen líneas progresivas evolutivas que pretenden explicar el origen de los frutos cultivados de tipo maloideae.

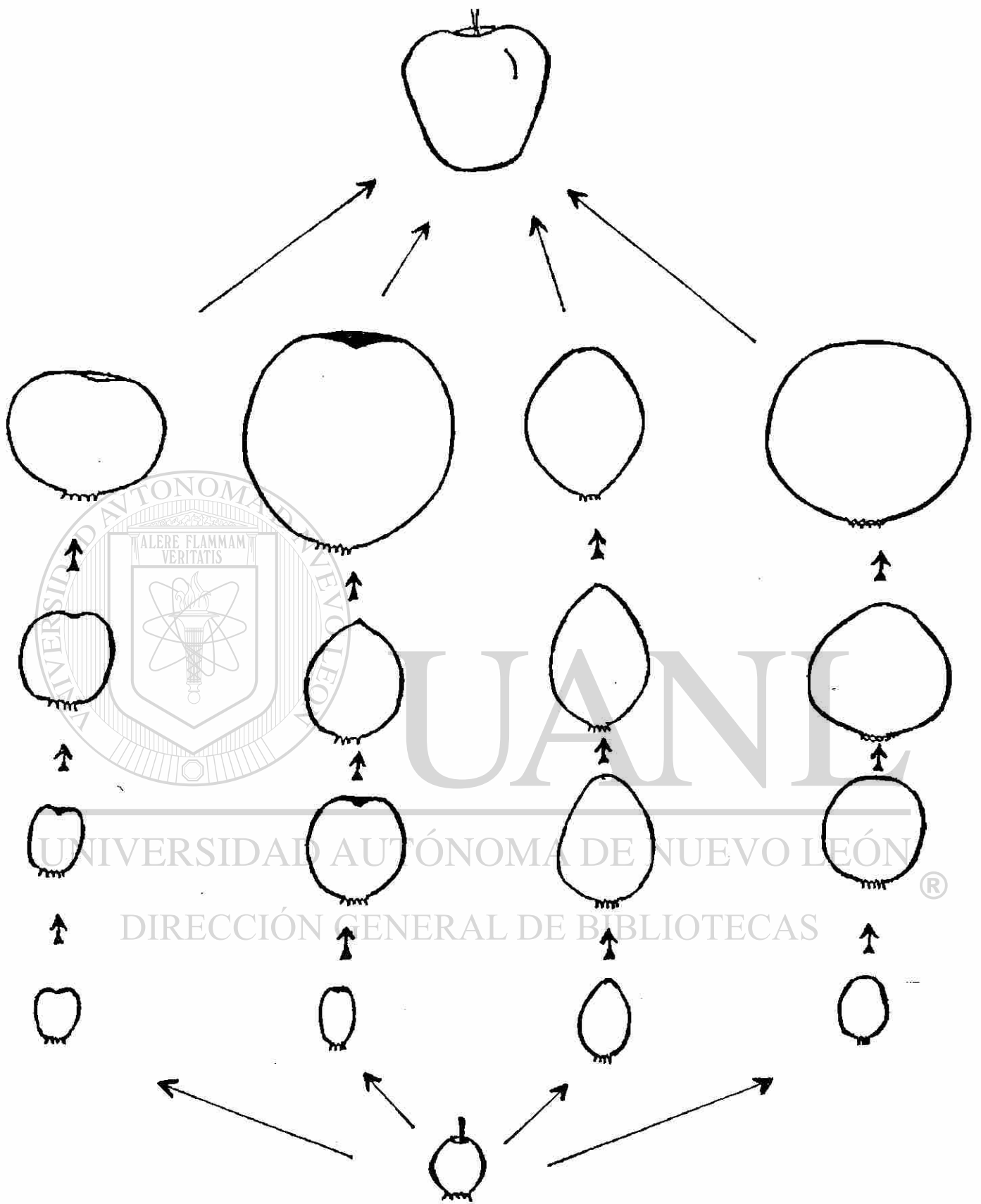


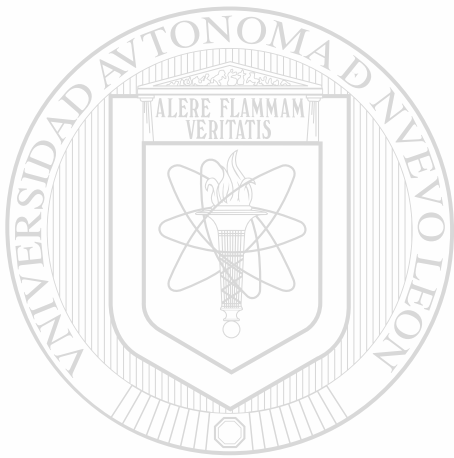
Figura 45 Línea progresiva de adaptación de los frutos

En base a estudios morfológicos y estructurales de 128 accesiones, se proponen las líneas progresivas de adaptación secuencial de los frutos para alcanzar la obtención de un fruto que reúnan características adecuadas en el mercado agroindustrial, esta secuencia hipotética evalúa el tamaño, peso del mesocarpio, forma, consistencia, ultraestructura cuticular y características de las lenticelas, esto permitió diseñar 4 líneas evolutivas, cuyo origen es un fruto de tamaño relativamente pequeño, los cuales poseen poco valor para consumo humano, son de pericarpio grueso y de un valor potencialmente alto en su contenido de pectinas. La parte superior del esquema propuesto, incluyendo todas las líneas, presenta frutos de mayor tamaño, incluyen el menor número de accesiones, las cuatro líneas convergen en el desarrollo de un fruto típico de las Maloideae los cuales son de mayor tamaño.

Al efectuar los estudios ultramicroscópicos, se observaron variaciones morfológicas muy amplias, descritos a partir de los frutos pequeños, existe una cutícula gruesa con un menor número de lenticelas y de posición baja, en relación al resto de la cutícula, por lo que se consideran hundidas, se observan depósitos de cera de aspecto liso la cual proporciona una superficie brillante; los frutos de mayor tamaño poseen una cutícula delgada, observando un incremento en el número de lenticelas las cuales son superficiales y en pocos casos semihundidas. El depósito de cera observado en los frutos grandes se encuentra dispersa y de forma irregular produciendo una superficie medianamente brillante en pocos casos y opaca en la mayoría de los frutos grandes, en los cuales la cera tiene forma de cristales. La presencia de cera epicuticular le confiere resistencia a la sequía puesto que refleja la radiación y disminuye la transpiración como también lo señalan Cuttler (1978) y Maiti (1993), con respecto a las lenticelas su posición, tamaño, número por unidad de área así como el número de prolongaciones son de vital importancia para los frutos, puesto que fisiológicamente eficientizan el intercambio gaseoso, las anteriores características nos permiten explicar los mecanismos de adaptación y desarrollo de *Crataegus* y sus frutos a las condiciones de estrés hídrico.

Los estudios ultraestructurales corroboran el esquema de adaptación propuesto ya que los frutos pequeños presentan gran adaptación a las condiciones de aridez, a medida que se incrementa su tamaño el grosor de su cutícula disminuye presentando un incremento en el número de lenticelas ya que requieren mayor intercambio respiratorio necesario para su desarrollo. Lo anterior lleva a contestar algunas interrogantes como el ¿por qué las accesiones que poseen frutos grandes son las menos numerosas?, concluimos, que es un proceso de selección natural o fitomejoramiento

cuyas características logran expresarse debido a una relación adecuada con las condiciones ambientales.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CONCLUSIONES

Crataegus muestra una alta variabilidad morfológica y estructural y un complejo comportamiento agronómico que son un reflejo de una alta y continua hibridización, en este estudio se trabajó para definir y conocer sus adaptaciones como respuesta a las condiciones ambientales, se procedió a analizar la morfología y estructura de los diversos órganos. En el tallo existen variaciones muy amplias en altura, circunferencia y diámetro de la copa, los estudios anatómicos del xilema secundario muestran la presencia de vasos largos y angostos con ápices inclinados y puntuaciones escalariformes lo cual indica un carácter primitivo. La presencia de un parénquima paratraqueal incompleto aunado a un gran grosor de la fibra y la dureza de la madera indican una gran adaptación a un ambiente árido. En la estructura foliar se refleja la alta variabilidad, la mayoría son simples con margen de características muy variables existiendo un menor número de hojas lobuladas, estudios ultraestructurales del haz y envés muestran variaciones como un reflejo de sus adaptaciones a un particular ambiente, la mayoría de las accesiones presentan una cutícula gruesa donde existen estomas con ostiolo pequeño, destacando la presencia de cera epicuticular en forma de cristales que proporciona una superficie brillante, esto otorga una gran adaptación a condiciones de aridez. Para clarificar la secuencia en las modificaciones morfológicas y estructurales de las hojas hacia la adaptación al estrés hídrico, se proponen tres líneas de adaptación foliar cuya accesión más evolucionada es la que presenta mayor adaptación a las condiciones de estrés hídrico.

El pedúnculo, por su relación con el tamaño del fruto, presenta una correlación entre el área de la banda vascular y el tamaño del fruto confirmado que su desarrollo depende de elementos que actúan en la translocación de los nutrientes necesarios a través de la banda vascular. El fruto muestra grandes variaciones en su forma, color, peso y tamaño, estas modificaciones se muestran en los estudios ultraestructurales, donde los frutos más pequeños poseen una cutícula gruesa con menor número de lenticelas las cuales son típicamente hundidas, lo anterior, contrasta con los frutos de tamaño mayor que poseen una cutícula delgada y un mayor número de lenticelas, en ellos, el intercambio gaseoso es más fuerte lo cual asegura su desarrollo. Para explicar la secuencia de adaptación y origen de frutos cultivados de tipo Maloideae se propone un esquema evolutivo que tiene como base un fruto pequeño el cual posee adaptaciones para un ambiente árido, este esquema concluye con un fruto de mayor tamaño el cual se desarrolla en un ambiente más benigno. Las amplias modificaciones en las estructuras que caracterizan a la mayoría de las accesiones estudiadas, son un

eflejo de su procedencia (Chiapas, México, Puebla) donde *Crataegus* ha formado parte de la vegetación de altura desde épocas anteriores a la conquista.

RECOMENDACIONES

Es necesario promover la explotación de fruto de *Crataegus* dada su importancia económica se requiere apoyar estudios para caracterizar el valor de sus pectinas, esto podría tener una doble ventaja, en principio se beneficiarían las familias de las zonas rurales productoras de tejocote, un impulso en éste sentido, generaría grandes beneficios económicos ya que *Crataegus* desarrolla en las zonas montañosas de la mayor parte de los estados, distribuidos sobre los 2000 msnm; por otra parte, diversas industrias podrían utilizar las pectinas obtenidas de los frutos; estudios preliminares señalan a los frutos de menor tamaño, con un contenido alto de pectinas, éstos se desarrollan en ambientes áridos y actualmente no son aprovechados, su explotación es estacional, durante el mes de diciembre. se requiere diversificar su utilidad, ya que posee un alto valor ecológico, dada su amplia respuesta a diversos factores ambientales, se conoce su resistencia a condiciones restringidas de agua y fluctuaciones extremas de temperaturas, como fijador del suelo, es altamente recomendable, si a lo anterior, se suma su importancia en el mantenimiento de la vida animal silvestre y su importancia medicinal y ornamental. lo señalado muestra su gran valor potencial, lo cuál, indudablemente podría desempeñar un gran apoyo para mejorar parcialmente el nivel socio-económico de los habitantes donde se coseche éste vegetal.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LITERATURA CITADA.

Allard, R.W. 1960. Principles of plant breeding. John Willey and Sons Inc. New York. 250 pp.

Almaguer, V. G.; E. Vidal-Ledezma y M. W. Borys. 1991. Caracterización de la fructificación de tejocote *Crataegus pubescens* (HBK) Steud. I Encuentro Nacional del tejocote, Agronomía e Industrialización. Morelia. 58 pp.

Anónimo. 1930. Zonas productoras de tejocote. Bol. Mensual del Dpto. de Economía y Estadística No. 44, Secretaría de Agronomía y fomento. Dirección de Agricultura y Ganadería. San Jacinto, D.F., México 25 pp.

Anónimo. 1975. El tejocote: su cultivo. Tierra: 346-358.

Barnea, A.; J.B. Harborne and C. Pannell, 1993. What parts of fleshy fruit Systematics and Ecology 21(4): 421-429.

Bass, D. A. 1990. A comparative study of the invasiveness of two alien flesh-fruited woody plants of the Northern tablelands of New South Wales. of the 9th Australian Weeds Conference 109-112.

Borys, M.W., J.L. Barrera G., A. R. Nieto y J. A. López, 1980. Reporte del viaje de estudios realizado al estado de Chiapas. Centro de Genética Sección de Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. (Inédito).

Borys, M. W. y A. Vega Cuen. 1982. Colección de tipos de tejocote *Crataegus pubescens* H. B. K. en los estados de Chiapas, Puebla y México. IX Congreso Nacional de Fitogenética. Resúmenes. Saltillo, Coah. 118pp..

Borys, M. W. , 1984. El Tejocote. Canícula (5): 7 - 18

Borys, M. W. , A. Vega Cuen, 1984. Selección de tipos de tejocote *Crataegus pubescens* H. B. K. , en los estados de Chiapas, Puebla y México. Revista Chapingo, 45-46 193-199.

Borys, M.W. T. A. Gravina; G. Almaguer Vargas. 1984. Algunas características viveristas de semillas de tejocote *Crataegus pubescens* H.B.K, coleccionados en los estados de Chiapas, México y Puebla. II presencia de poliembrionía. Revista Chapingo, 45-46: 157-158.

Borys, M. W. 1990. Deficiency of Fe, Mn, Zn, in comercial orchards of *Crataegus pubescens* (H.B. K.) Stend. Summary of obsevation. Acta Horticulturae 274:93-102.

Borys, M.W. and A.J. Herrera. 1990. Frut size and inorganic composition of cultivated mexican hawthorns grafted onto a common stock. acta Horticulturae. 274:93-102.

Borys, M. W., and F. Bustamante-Oraegui. 1990. Syndrome of pear russeting and splitting. Acta Horticulture 274: 79-91.

Borys, M. W. 1991. Valor ecológico del tejocote. 1er. Encuentro Nacional del Tejocote, Agronomía e Industrialización,Memorias, Morelia.

Borys, M. W. y H. Leszezynka-Borys. 1994. Tejocote (*Crataegus* spp) planta para solares, macetas e interiores. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 1(2):95-107.

Bustamante O.F., M. W. Borys. 1984. Evaluación preliminar de producción de dos huertos de tejocote mejorado *Crataegus pubescens* HBK. Chapingo, México, 45-46: 189-192 Pp.

Bailey, L. H. y E. Z. Bailey. 1976. Ortus third: A concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada. Mc. Millan Publishing Co. Inc. New York. 331pp

Callejas, J. L.; A. Nieto y M. W. Borys. 1991. Evaluación de algunos parámetros morfológicos en tejocote (*Crataegus* spp). I Encuentro Nacional del Tejocote, Agronomía e Industrialización. Morelia.

Campbell, CH.;C. Greene and T. Dickinson . 1991. Reproductive biology in subfam. Maloideae (Rosaceae)systematic botany 16(2):333-349.

Conafrut. 1972. 32 Frutales, Aspectos Generales de su Producción. comisión Nacional de Fruticultura. 92 pp. México, D.F.

Conafrut 1988. Inventario Frutícola. Comisión Nacional de Fruticultura. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos 85pp., México, D.F..

Chalice, J.S. and M. Kovanda. 1981. Chemotaxonomic studies in the family Rosaceae and evolutionary origins of the family Maloideae. Presila 53: 289-304.

Chapman, G. W.; R. J. Horvat and J. A. Payne. 1993. Chemical composition changes in two genetically diverse cultivars of Mayhaw fruit at three maturity stage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 41(10):1550-1552.

Chávez F.L. 1970. Cultivo e industrialización integral del tejocote, con especial referencia a la extracción de pectina. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Chevreau, E.; Y. Lespinasse and M. Gallet. 1985. Inheritance of pollen enzymes and polyploid origin of apple (*Mallus x domestica* Borkh.) Theor Appl Genet. 62:301-304.

Christensen, K. I. 1984. The morfological variation of some *Crataegus* populations (Rosaceae) in Greece and Yugoslavia. Nord. J. Bot. 4:585-595. Copenhagen.

Christensen, K.I. 1992. The structure of some *Crataegus* (Rosaceae) populations in Greece. Willdenowia 22:65-69.

Correll, Donovan and M.C. Johnston. 1970. Manual of the vascular plants of Texas. Texas Research Foundation.

Cronquist, A. 1988. the evolution and classification of flowering plant Bronx. New York Botanical Garden.

Cruz San Pedro, E.; A.R. Nieto; M.W. Borys. 1984. Comportamiento de plántulas de tejocote (*Crataegus pubescens* H.B.K.) en los suelos calcáreos. Revista de Chapingo, (45/46):206-207.

Cutter, Elizabeth G. 1978. Anatomía de las plantas. Parte I Células y Tejidos. Segunda edición. Luis Carcamo, Madrid.

Darlington, C. D.; 1963. Chromosome botany and the origin of cultivated plant 2nd ed. London: George Allen Unwin.

Darlington, C. D. and A. A. Moffett. 1930. Primary and Secondary chromosome balance in *Pyrus*. J. Genet. 22:153-163.

Del Arco, J. M.; A. Escudero.;and M. V. Gorrido. 1991. Effects of some characteristics on nitrogen retranslocation from senescencing leaves . Ecology 72(2):701-708.

Delgado Bustamante, P.A. 1983. Estudio preliminar del estado nutricional de dos huertos de tejocote *Crataegus pubescens* HBK. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Delgado Bustamante, P. A.; Ruiz Bello, A.; A.J. Herrera Guadarrama y M. W. Borys. 1984. Estado nutricional de dos huertos de tejocote *Crataegus pubescens* HBK I Características de los suelos. Revista Chapingo. 45/46: 159-163.

Delgado Bustamante P. A.; A. J. Herrera G.; M.W. Borys. 1984. Estado nutricional de dos huertos de tejocote *Crataegus pubescens* HBK. II. Tamaño de la hoja del brote fructífero y vegetativo. Revista Chapingo 45/46: 164-167.

Delgado Bustamante, P. A.; C.A. Pérez M.; A. J. Herrera y M. W. Borys . 1984. Estado nutricional de dos huertos de tejocote *Crataegus pubescens* HBK. III. Concentración de nutrimentos en el follaje. Revista Chapingo. 45/46: 168-175.

Delgado Bustamante, P. A.; A. J. Herrera y M. W. Borys. 1984. Estado nutricional de dos huertos de tejocote *Crataegus pubescens* HBK. IV. Influencia del número de injertos por patrón y el número de árboles por cepa. Revista Chapingo, 45/46:176/178.

Dickinson, T. A. and J. B. Phipps. 1985. Studies in *Crataegus* L. (Rosaceae: Maloideae XIII. Degree and pattern of phenotypic variation in *Crataegus* Sect. *Crus-galli* in Ontario. Systematic Botany 10:322-337.

Dickinson, T. A.; 1986. Topodeme differentiation in Ontario taxa of *Crataegus* (Rosaceae: Maloideae) leaf morphometric evidence. *Can. J. Bot.* 64:2738-2747.

Englert, J. M.; K. Warren.; L.H. Fuchigami and T. H. H. Chen. 1993. Antidesiccant compounds improve the survival of bare-root deciduous nursery trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118(2):228-235.

Esau, Katherine. 1976. *Anatomía vegetal*. ed. Omega.

Espinoza, E. J. R.; M. W. Borys y G. Almaguer V., 1984. Rendimiento y crecimiento del tejocote mejorado *Crataegus pubescens* HBK., y cuatro CV5 de pera *Pyrus communis* L. injertados por enchapado lateral sobre *C. pubescens* HBK. *Revista Chapingo*, 45/46: 200-205.

Fahn, A. 1974. *Anatomía vegetal*. H. Blume ed. España.

Felipe, Isaac; Gravina.; M. W. Borys. 1989. Integración de procedencia, temperatura alta, escarificación y estratificación en la germinación de semillas de *Crataegus pubescens* HBK. *Revista Chapingo* 13-16:62-63.

Ferlay, V.; G. Mollet.; A.Mason.; E. Veciani and M.Gruber. 1993. Fatty acid composition of seed oils from wild species of the Sout-East Mediterranean. *Oleagineux-Paris* 48(2):91-97.

Gaviño, Manuel. 1974. *Técnicas selectas de biología y campo*. ed. Limusa. México. ®

Gelli, A. M. G. and M. Micheli. 1992 Preliminary trials on in vitro propagation of Hawthorn (*Crataegus monogyna*). *Montie Boschi* 42(6):47-50.

Guijian, J. and M. Fuentes. 1992. Reproductive biology of *Crataegus monogyna* in Northwestern Spain. *Acta Ecologica* 13(1):3-11.

Hickey, L.J. 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *Amer. J. Bot.* 60: 17-73

Higareda, R. A. 1991. Conocimiento y aprovechamiento agroindustrial del tejocote. I. Encuentro Nacional del Tejocote, *Agronomía e Industrialización*. Morelia.

- Dickinson, T. A.; 1986. Topodeme differentiation in Ontario taxa of *Crataegus* (Rosaceae: Maloideae) leaf morphometric evidence. *Can. J. Bot.* 64:2738-2747.
- Englert, J. M.; K. Warren.; L.H. Fuchigami and T. H. H. Chen. 1993. Antidesiccant compounds improve the survival of bare-root deciduous nursery trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118(2):228-235.
- Esau, Katherine. 1976. *Anatomía vegetal*. ed. Omega.
- Espinoza, E. J. R.; M. W. Borys y G. Almaguer V., 1984. Rendimiento y crecimiento del tejocote mejorado *Crataegus pubescens* HBK., y cuatro CV5 de pera *Pyrus communis* L. injertados por enchapado lateral sobre *C. pubescens* HBK. *Revista Chapingo*, 45/46: 200-205.
- Fahn, A. 1974. *Anatomía vegetal*. H. Blume ed. España.
- Felipe, Isaac; Gravina.; M. W. Borys. 1989. Integración de procedencia, temperatura alta, escarificación y estratificación en la germinación de semillas de *Crataegus pubescens* HBK. *Revista Chapingo* 13-16:62-63.
- Ferlay, V.; G. Mollet.; A.Mason.; E. Veciani and M.Gruber. 1993. Fatty acid composition of seed oils from wild species of the Sout-East Mediterranean. *Oleagineux-Paris* 48(2):91-97.
- Gaviño, Manuel, 1974. *Técnicas selectas de biología y campo*. ed. Limusa. México. ®
- Gelli, A. M. G. and M. Micheli. 1992 Preliminary trials on in vitro propagation of Hawthorn (*Crataegus monogyna*). *Montie Boschi* 42(6):47-50.
- Guijian, J. and M. Fuentes. 1992. Reproductive biology of *Crataegus monogyna* in Northwestern Spain. *Acta Ecologica* 13(1):3-11.
- Hickey, L.J. 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *Amer. J. Bot.* 60: 17-73
- Higareda, R. A. 1991. Conocimiento y aprovechamiento agroindustrial del tejocote. I. *Encuentro Nacional del Tejocote, Agronomía e Industrialización*. Morelia.

Higareda, R. A., 1991. Conocimiento y aprovechamiento agroindustrial del tejocote. I. Encuentro Nacional del Tejocote. Agronomía e Industrialización. Morelia.

Huang, P.C.; Y. C. Feng and D.X.Li. 1992. Effects of pp333 on Hawthorn growth, development and fruit quality. Northern horticulture . 2:25-29.

Hutchinson, J. 1959. Dicotyledons. In families of flowering plants. 2nd. ed., Vol.1. Oxford Univ. Press.

Hutchinson, J. 1964. the genera of flowering plants, vol.1. Oxford: Oxford Univ. Press.

Ishihata, K. 1990. The cultivation and use as a food of Acerola. Agriculture and Horticulture 65(1)42-48.

Jing, S. X. and B. J.LI. 1990. Studies on description system of Hawthorn germplasm resources. Acta Horticulturae-Sinica 17(2):81-88.

Johansen, Donald Alexander. 1940. plant Microtechnique. Mc Graw Hill Pub. 523pp

Kapp. Donald. 1969. pollen and spores. Brown Co. Pub. Iowa.

Kalyan, Naha.; A. G. Hajam; Lal-Chand, K.; K. Naha and L. Chand. 1990. Trials on propagation of shrubs in Kashmir Indian Forester. 116(12):930-941.

' Karting, T.; G. Kogl and B. Heydel. 1993. Production of flavonoids in cell cultures of *Crataegus monogyna* Planta Medica 59(6):537-538.

.Kasumova, T. A.; G. A. Amirov and Ibragimov,A. 1991. Reserves of fruit of *Crataegus* L. species in the Nakhichevanskaya Aunotnomus Republic Rastitel Nye-Resursy 27(2):24-26

Kosyakov, O. S. 1991. Resources of *Crataegus* species in the Ukraine. Ukrains`kii-Botanichnii-Zhurnal 48(3):81-84.

Lamaison, J. L. and A Carnat. 1991. Main flavonoid contents of flowers and leaves of *Crataegus monogyna* Ja and *Crataegus laevigata* D. C. in relation to stage of plant development. *Plants Medicinales Et. Phytotherapig* 25(1):12-16.

Lee, W. G.; P. J. Grubb and J. B. Wilson. 1991. Pattern of resource allocation in fleshy fruits of nine European tall-shrub species. *Oikos* 61(3):307-315.

Li, Y. Z.; M.R. Gu.; Y. M. Jiang.; Z. F. Xu and X. W. Su. 1993. Study on mutations induced by radiation in *Crataegus pinnatifida* Bge. *Acta Agriculture Nucleatae Sinica* 7(1):9-15.

Liu, D. H. and X. Z. Gao. 1993. Comparative anatomy of secondary phloem of ten species of Rosaceae. *IAWA-Journal* 14(3):289-298.

Lyubimov, V. B. 1988. The systematics of *Crataegus franscaspica* A. Pojark. *Byulletin Glavnogo-Botanichescogo-Sada*. No. 151:47-50.

Maiti, R. K. 1980. *Plant Fibres*. Published by Bishen Singh Mehendra Pal Singh Dehraa Dun, India.

Maiti, R.K. *Morphophysiological Traits In Crop Improvement: Case Study - Sorghum*. *Publicaciones Biológicas F.C.B. / U.A.N.L.*

Manjarréz, S. P. 1981. Estudio preliminar sobre tratamientos de pregerminación en semillas de tejocote *Crataegus* sp. Tesis . Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México, DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Méndez , V. M. y G. Almaguer V. 1989. El cultivo de el tejocote *Crataegus pubescens* HBK. y el capulin *Prunus serotina* Ehrh. una monografía *Revista Chapingo* 62-63: 161-166.

Metcalf, C. R. 1972. *Anatomy of the Dicotyledons*. Oxford, Press.

Montoya, M. A.; C. Vega, y M. W. Borys . 1985. Clorosis férrica en manzano y peral injertados en tejocote *Crataegus pubescens* HBK. XVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Oaxaca . Resúmenes. 59 p.

Muniyama, M. and J. B. Phipps. 1979. Cytological proof of apomixis in *Crataegus* (Rosaceae). AmerJ. Bot. Bot. 62:2316-2324.

Nieto, A. y M. W. Borys. 1991. Algunos parámetros morfológicos y su relación con el rendimiento en tejocote (*Crataegus spp*) I Encuentro Nacional del Tejocote, Agronomía e Industrialización. Morelia.

Nieto, A. R. and M. W. Borys. 1992. Hawthorn (*Crataegus sp.*)_ germoplasm of the Mexican Republic. Revista Chapingo. 15(77):126-130.

Novrozova, Z. A.; T. A. Kasumova and V. S. Abbasova. 1990. Comparative anatomical analysis so the Hawthorns (*Crataegus L.*) of Azerbaijan. Izvestiya-Akademii-Azerbaidzhanskoi-SSR. Biologicheskii-Nauki. 4-6:9-14.

Novrozova, Z. A.; T. A. Kasumova and V. S. Abbasova. 1991 origins and evolution of subfam Maloideae (Rosaceae). Systematic Botany, 16(2):363-332.

Obeso, J. y C. Herrera. 1994. Patrones de variación en frutos de *Crataegus* en España. Acta Ecológica. 13 (1) 20 -25.

Pelek, S. and K. Ptak. 1981. Development and structure of hawthorn seed (*Crataegus*) from species occurring in poland. Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 50(3):409-417.

Pérez, M. A.; A. R. Nieto, y M. W. Boris. 1984. Germinación de semillas y crecimiento de plántulas de tejocote *Crataegus pubescens* HBK. de diferentes procedencias. Revista Chapingo. 45-46:185-188.

Pérez Jiménez S.; A. Flores; E.R. Carrizales y M. W. Borys. 1991. I Encuentro Nacional del tejocote, Agronomía y Productividad. 4-5 X/91. Morelia, Michoacán. Memorias p. 107.

Phipps, J. B. 1983 a. *Crataegus* a nomenclator for sectional and serial names. Taxon 32(4):594-604.

Phipps, J. B. 1983 b. Biogeographic, taxonomic and cladistic relationships between East Asiatic and North American *Crataegus*. Ann. Missouri Bot. Gard. 70:667-700.

Phipps, J. B. 1984. Problems of hybridity in the cladistics of *Crataegus* (Rosaceae) Plant. Biosystematics. 417-438.

Phipps, J. B., K. R. Robertson, P. G. Smith and J. R. Rohrer. 1990. A checklist of the subfamily Maloideae (Rosaceae). Cand. J. Bot. 68:2209-2269.

Phipps, J. B., K. R. Robertson, J.R. Rohrer and P.G. Smith. 1991. Origin and evolution of the subfam. Maloideae (Rosaceae). Systematic. Botany. 16 (2) pp 303-332

Podani J. and T. A. Dickinson. 1984. Comparison of Dendrograms a Multivariate. Approach Can. J. Bot. 62:2765-2778.

Ptak, K. 1986. Cytoembriological investigations on the polish representative of genus *Crataegus* L. I. Chromosomes number, embriology of diploid and tetraploid species. Acta Biologica Cracoviensia. Serie Botanica. Vol. XXVIII 108-122.

Quintanar, A. F. 1964. Productos agrícolas mexicanos en la alimentación mundial. Editorial Mayo. México, D. F.

Grunfleh, M. M. 1993. Studies on the Hawthorn (*Crataegus azorolus* L.) iii. A potential roostockfor "Golden Delicious" apple and Williams" pear. Journal of Horticultural Science 68(6):983-987.

Radford, C. Dickinson, J. R. Nassing and C. R. Bell. 1974. Vascular plants systematics. first ed. . Ed. Harper and Row Pub., New York. U.S.A.

Reiche, C. 1977. Flora excursoria en el Valle Central de México. Ed. Manuel Porrua, S. A. México, D. F.

Richter, K. 1990. Application of chemical preparations to inhibit flowerin in *Crataegus*. Archiv-fur-Gartenbau. 38(2):89-95.

Robertson, K. R.; J. B. Phipps and Roher. 1992. Summary of leaves in the genera of Maloidae (Rosaceae) Ann. Missouri Bot. Gard. 79:81-84.

Rodríguez, J. A.; A. Nieto y M. W. Borys. 1991. Desarrollo de árboles de tipos silvestres y cultivados de tejocote (*Crataegus* spp.). I encuentro Nacional del Tejocote, Agronomía e Industrialización. Morelia.

Rojas-Rabiela, F.; W. T. Sanders. (eds). 1985. Historia de la agricultura época prehispánica Siglo XVI. Col. Bibl. INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D. F.

Sáens, Concepción. 1978. Polen y Esporas. Blume ed. Madrid.

Rzedowski, J. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Rd. CECSA. México, D.F.

Sallabank, R. 1992. Fruit fate, frugivory and fruit characteristics. A study of *Crataegus monogyna* (Rosaceae). *Decologia* 91(2):296-304.

Sánchez, S. O. 1976. La flora del Valle de México. Editorial Herrero, S.A. México, D.F.

SARH, 1988. Inventario frutícola. Comisión Nacional de Fruticultura.

Savile, D.B.O. 1979. Fungi as aid in higher plant classification. *Bot. Rev. (Lancaster)* 45:377-503.

Sax, K. 1931. The origins and relationships of the pomoideae J. Arnold. *Arb.* 12:3-22.

Schoovten, H.J. 1992. Effectiveness of preventing flowering of Hawthorn in protecting pear orchards from fire blight infection. *Netherlands Journal of Plant Pathology.* 98(1):21-32.

Schussler, M.; U. Fricke.; N. Nikolov and J. Holz. 1991. Comparison of the flavonoids occurring in 5 *Crataegus* species and inhibition of 3'5' cyclic adenosine monophosphate phosphodiesterasa. 39th. Annual Congress on Medicinal Plant Research, Saarbrvcken, Germany, 3-7 Sept. *Planta Medica.* 57(8):128-133.

Schussler, M.; D. Acar.; A. Cordes.; J. Holze .; A. Rump.; V. Fricke. 1993. Antiischaemic effect of flavonoiden Aus *Crataegus*. *Archiv-Der-Pharmazie Weinheim* 326(9):70-85.

- Sha, G.L. 1992. Cold resistance of Hawthorn germplasm. *Corp. Genetic Resources* N.1:22.
- Sinclair, W. A. and A. O. Larsen. 1981. Woos characteristics related to injectability of trees. *Journal of Arboriculture* 7(1):6-10.
- Synnot, Q. P. and J. B. Phipps. 1983. Variation patterns in *Crataegus* series *pruinosa* (Rosaceae) in Southern, Ontario. *Systematic Botany*. 8(1):59-70.
- Stebbins, G. L. 1950. *Variation and evolution in flowering plants*. New York. Columbia Univ. Press.
- Standley, P.C. 1926. trees and Shrubs of México. *contr. U.S. Nat. Herb.* 23 : 250-280.
- Sterling, C. 1961. Comparative morphology of the carpel in the Rosaceae. III. Pomoidae: *Crataegus*, *Hesperomele*, *Mespilus*, *Osteomeles*. *Amer. Jour. Bot. Rev. (Lancaster)* 46:225-359.
- Takhtajan, A. 1969. *Flowering plants, origin and dispersal*. Smithsonian Institution Press, Mashington, D.C. 319 pp.
- Takhtajan, A. L. 1980. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). *Bot. Rev. (Lancaster)*.
- Tamaro, O. 1974. *Tratado de Fruticultura*. Ed. G. Gil, S. A. Buenos Aires Argentina.
- Tang, R. J. 1992. Preliminary report on the mutation of Hawthorn shoot buds by 60 Co Gama irradiation. *Northern Fruits of China* No. 4:11-13.
- Thorne, R. F. 1976. A philogenetic classification of the Angiospermae. *Evol. Biol.* 9:35-106.
- Thorne , R. F. 1977. Some realignments in the Angiopermae. In *flowering Plants. Evolutions and clasification of higer categories*, ed. K. Kubitzki *Plant Syst. Evol. Supl.* 1:299-319.

Thorne, R. F. 1983. Proposed new re-alignments in the Angiosperms. *Novdie J. Bot.* 3:85-117.

Torres, W. 1985. Las plantas útiles en el México antiguo según las fuentes del Siglo XVI p122 en: Rojas Rabiea et Sanders.

Wang, G. Q. and Q. J. Meng. 1991. Rare Hawthorn resources in Pingyi County, Shandong Province. *Corp. Genetic Resources N* 3:46.

Wang, G, Q. and Q. J. Meng. 1991. A new fresh use hawthorn variety "Tianhong". *Journal of Fruit Science* 8(4):245-246.

Weeden, N. F. 1986. Expression in pollen in *Biotechnology and Biology of Pollen*. Eds. D. Mulcahy, G. B. Mulcahy and E. Otaviand. New York pp9-14.

Weeden, N. F. and R. C. Lamb. 1987. Identification of apple culture by isozyme phenotypes. *J. Amer. Soc. Hort. S.C.I.* 110:515-559.

Wilson, T. P.; M. J. Canny and M. E. McCully. 1988. Proton pump activity in bundle sheath tissues of broad-leaved trees in relation to leaf. *Physiology Plantarum* 73:465-470.

Yang, A. Q.; Z. G. Wang and Y. Z. Ling. 1991. Studies of radiation-induced mutant of *Crataegus pinnatifida*. Henongxus-Tongbao. *Journal of Nuclear Agriculture Sciences* 12(1):15-17.

Zhang, P. Y.; D. F. Xiang. ; M. J. Gud.; J. G. Zhang.; J. C. Bai and E. C. Gud. 1993. Study on the effects of PP333 on the growth and development of Hawthorn trees. *China Fruits*.

