



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

Morfología y anatomía del fruto de dos especies del
género *Bursera* Jacq. ex L. Sección *Bullockia*
(Burseraceae)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
GENARO MONTAÑO ARIAS

DIRECTOR: M. en C. David N. Espinosa Organista

Adscripción: Carrera de Biología, FES Zaragoza, UNAM.

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE DEL 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Morfología y Anatomía del Fruto de dos Especies del
Género *Bursera* Jacq. ex L. sección *Bullockia*
(Burseraceae)

Presenta:
Genaro Montaña Arias

La presente tesis se desarrollo en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza,
Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección del

M. en C. David N. Espinosa Organista

La principal sabiduría no es el profundo conocimiento de las cosas remotas, desusadas, oscuras y sutiles, sino el de aquellas que en la vida cotidiana están ante nuestros ojos.

Milton.

DEDICATORIA

A DIOS

El autor que día a día le pone más líneas a su obra
permitiéndole a mi personaje existir.

A MIS PADRES

Genaro Montaña Quezada y Esperanza Arias Garibay
Quienes me enseñaron la clave para descubrir el camino de la vida
y me han dejado la mejor de las herencias, mi profesión.
Ahora casi todo lo que soy se los debo a su ejemplo:
de valor, fortaleza y sobre todo su amor.

A MIS HERMANOS

Ana, Susana. y Noé

Tres personas con quien he compartido
los buenos y malos momentos
en los cuales siempre a existido el respeto y la amistad.

A LA MEMORIA DE MIS ABUELOS

Susana Quezada Hernández†

Pedro Montaña Ávila†

Porfirio Arias Hernández†

Juana Garibay Vásquez†

Ellos que tomaron conciencia de sí mismos
he hicieron que su momento fuera trascendente e histórico,
marcando los rumbos del futuro y que es el presente en que vivo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, FES “Zaragoza” por la formación profesional y el apoyo que en ella he recibido.

Al **M en C. David N. Espinosa Organista** por su apoyo, tanto intelectual como material para la realización de este trabajo, su asesoría, su confianza pero, especialmente por su amistad.

Al comité evaluador **Dra. Patricia Velasco de León, M. en C. David N. Espinosa Organista, M. en C. Amadeo Barba Álvarez, Biól. Ma. Magdalena Ordóñez Reséndiz y Biól. Balbina Vázquez Benítez**, por sus valiosos comentarios y aportaciones que sin duda alguna enriquecieron y mejoraron este trabajo.

A la **Dra. Teresa Terrazas Salgado y M en C. A. Rosa Andrés Hernández** (Colegio de posgraduados, Montecillo) por sus comentarios y sugerencias que enriquecieron este escrito.

A la **M. en C. Esthela Sandoval Z** (Jardín Botánico, UNAM), **Dra. Patricia Velasco de León** (FES-Zaragoza, UNAM) y **M en C. Rosalva García Sánchez** (FES-Zaragoza, UNAM) por permitirme utilizar su equipo fotográfico y obtener las imágenes que forman parte de este trabajo.

A la **Biól. Florencia Becerril Cruz** (FES Zaragoza, UNAM) por su valioso, constante e incansable apoyo, colaborando siempre con ideas y trabajo en el laboratorio, pero sobre todo por su compañía y amistad.

Al **Biól. Noé Manuel Montaña Arias** (Centro de Estudios en Ecosistemas Campus Morelia, UNAM) por sus aportaciones y críticas de algunas variables de este trabajo en la parte experimental, por su amistad y exhortación a seguir adelante.

A los profesores que son parte de mi formación profesional especialmente al: **M. en C. David Espinosa, M. en C. Alfredo Bueno, Biól. Magdalena Ordóñez, M. en C. Mercedes Luna, Dra. Patricia Velasco, M. en C. Manuel Feria, M. en C. Rosalva García, M. en C. Manuel Rico, M. en C. Patricia Rivera** y el **Dr. Arcadio Monroy**.

A todos mis amigos: **Mario Sinai Tinoco, Elvira Hernández, Eloisa Reyes, Antelmo Ramírez, Ana Escamilla, Julissa Rodríguez, Yolanda Santiago, Florencia Becerri, Alberto Ortiz, Claudia Galicia, Israel Estrada y Selene Rodríguez**; que de una u otra forma, participaron en el desarrollo de esta tesis, muchas gracias por su apoyo e insistencia.

CONTENIDO

| | Págs |
|--|-------------|
| Contenido | i |
| Índice de figuras | iii |
| Índice de cuadros | iv |
| Resumen | 1 |
| Abstract | 2 |
| Introducción | 3 |
| Marco teórico | 5 |
| El género <i>Bursera</i> | 5 |
| Distribución | 5 |
| Diagnosis | 8 |
| Diagnosis de las especies en estudio | 8 |
| a) <i>Bursera submoniliformis</i> Engl. | 8 |
| b) <i>Bursera aloexylon</i> (Shiede ex Schlecht.) Engl | 9 |
| Evolución | 10 |
| Taxonomía y filogenia | 12 |
| Problemática taxonómica | 16 |
| Importancia de los estudios morfo-anatómicos | 16 |
| Estudios anatómicos | 17 |
| Finalidad de este trabajo | 19 |
| Zona de estudio | 20 |
| Objetivos | 23 |
| Material y método | 24 |
| a) FASE I Elección de sitios y recolecta de material | 24 |
| b) FASE II Trabajo de laboratorio | 25 |
| c) FASE III Trabajo de gabinete | 26 |

| | |
|---------------------------------|----|
| Resultados | 27 |
| a) Morfología del fruto | 27 |
| b) Estructura general del fruto | 29 |
| c) Anatomía del fruto | 30 |
| Análisis de resultados | 36 |
| Morfología del fruto | 36 |
| Anatomía del fruto | 37 |
| Conclusiones | 41 |
| Literatura citada | 42 |
| Anexo | 48 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | | Pags |
|---------|--|------|
| 1 | Distribución de la familia Burseraceae | 5 |
| 2 | Distribución geográfica del género <i>Bursera</i> en México | 6 |
| 3 | Evolución del género <i>Bursera</i> | 10 |
| 4 | Hipótesis filogenéticas del género <i>Bursera</i> | 11 |
| 5 | Diagrama de las afinidades de las secciones del género <i>Bursera</i> | 11 |
| 6 | Taxonomía del género <i>Bursera</i> según Bullock | 12 |
| 7 | Taxonomía del género <i>Bursera</i> según Mc Vaugh y Rzedowski | 13 |
| 8 | Taxonomía del género <i>Bursera</i> según Toledo-Manzur | 14 |
| 9 | Estructura taxonómica del género <i>Bursera</i> según Becerra | 15 |
| 10 | Ubicación geográfica de las zonas de estudio | 22 |
| 11 – 16 | Características morfológicas de fruto | 28 |
| 17 – 19 | Diagramas que exponen el tipo de tejidos del fruto de <i>Bursera</i> y la forma del pseudo-arilo | 29 |
| 20 – 25 | Características anatómicas del fruto de <i>Bursera aloexylon</i> | 32 |
| 26 – 31 | Características anatómicas del fruto de <i>Bursera submoniliformis</i> | 35 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Págs |
|--------|---|------|
| 1 | Ubicación y características de las zonas de estudio. | 21 |
| 2 | Características de los árboles de <i>Bursera aloexylon</i> y <i>Bursera submoniliformis</i> de los cuales se recolectaron frutos. | 25 |
| 3 | Diferencias entre las características morfológicas de las especies en estudio | 27 |
| 4 | Comparación de características morfológicas de especies de dos secciones de <i>Bursera</i> . | 37 |
| 5 | Comparación de características anatómicas de especies de dos secciones de <i>Bursera</i> . | 38 |
| 6 | Comparación de características anatómicas del fruto de <i>Bursera aloexylon</i> y <i>Bursera submoniliformis</i> . | 40 |

RESUMEN

Tengo, vamos a ver,
que ya aprendí a leer, a contar;
tengo que ya aprendí a escribir
y a pensar
y a reír.

Nicolás Guillen

El presente estudio se realizó como una contribución al conocimiento taxonómico del género *Bursera* Jacq. ex. L., proporcionando información morfo-anatómica del fruto de las especies *B. aloexylon* (Shiede ex Schlecht.) Engl. y *B. submoniliformis* Engl. Se realizaron cortes transversales de frutos en diferentes estadios de desarrollo mediante disecciones hechas a mano y en microtomo de deslizamiento de 10 a 15 µm de grosor, luego se tiñeron con safranina y verde rápido; finalmente los cortes se montaron en placas permanentes con entellan. Se observaron diferencias morfológicas en: suturas, simetría, terminación de la valva, forma de la semilla o endocarpo, cobertura y color del arilo. Anatómicamente se observaron diferencias en: 1) el número de semillas, en las dos especies sólo se encontraron en uno de los lóculos, en algunos casos *B. aloexylon* presentó dos semillas; 2) en características, arreglo y cantidad celular en tejidos como exocarpo, mesocarpo y endocarpo; 3) desarrollo del pseudoarilo de las especies; 4) los canales resiníferos difieren de una especie a otra en cuanto a número, forma y tamaño; 5) presencia y tipo de tricomas. Los resultados de este estudio proporcionan evidencia taxonómica adicional potencialmente útil para diagnosticar relaciones filogenéticas entre las especies analizadas y aportan nuevos datos en la biología comparada del género *Bursera*.

Palabras clave: Morfología, anatomía, fruto, *Bursera aloexylon*, *Bursera submoniliformis*, taxonomía, filogenia, Depresión del Balsas, México.

ABSTRACT

I have, we will see,
that I already learned how to read, to count,
I have that I already learned how to write
and to think
and to laugh.

Nicolas Guillen

The present study was carried out as a contribution to the taxonomic knowledge of the genus *Bursera* Jacq ex. L., providing morpho-anatomical information of the fruit of two species *B. aloexylon* (Shiede ex Schlecht.) Engl. and *B. submoniliformis* Engl, transverse sections of fruits in different development stadiums were made by mean of free hand dissections and microtome of 10 to 15 μm . Then, they were stained with fast green safranina. Finally the sections were mounted entellan. morphological differences was observed in: sutures, symmetry of the termination of the valves, forms of the seed or endocarpo, covering and color of the pseudo-aril. Anatomically differences in: 1) the number of seeds, in both species only one seed in one of the locules, in some cases *B. aloexylon* presented two seeds; 2) type, arrangement and number of cell layers in tissues as exocarp, mesocarp and endocarp; 3) I development patterri of the pseudo-aril of the species; 4) the channels of resin differ from a species to another in number, form and size; 5) presence and type of trichomas. The results of this study provide additional taxonomic evidence, potentially useful to diagnose phylogenetic relationships among the analyzed species and they contribute with new data in the comparative biology of the genus *Bursera*.

key words: Morphology, anatomy, fruit, *Bursera aloexylon*, *Bursera submoniliformis*, taxonomy, phylogenic, Depression of the Balsas, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Las puertas de la sabiduría nunca están cerradas

BENJAMIN FRANKLIN

México es un país megadiverso al ser ecotono entre la zona templada y la tropical, entre otros factores. Es el quinto país en diversidad biológica del planeta con más de 30,000 especies de plantas vasculares; sin embargo, es uno de los lugares donde la destrucción de la vegetación natural se ha dado a tal grado que según el Atlas Nacional del Medio Físico en la década de los setentas sólo el 40.8% del territorio nacional contenía una vegetación natural sin disturbios (citado en Toledo, 1988).

Dentro de la diversidad ecológica de México, el bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1994) o selva baja caducifolia (Miranda y Hernández-X, 1963; Gómez-Pompa, 1965) se encuentra en regiones de clima cálido y con especies arbustivas o arborescentes que pierden sus hojas en la época seca del año durante un lapso variable, que oscila alrededor de seis meses (Rzedowski, 1994). Este tipo de vegetación ocupa el 8% de la superficie de la República Mexicana, se localiza sobre grandes extensiones ininterrumpidas desde el sur de Sonora y el Suroeste de Chihuahua hasta Chiapas y se continua hasta Centroamérica, incluyendo algunas penetraciones profundas a lo largo de los ríos Santiago y Balsas, así como de sus principales afluentes (Rzedowski, 1994). La distribución en estas zonas se debe en gran parte a las condiciones climáticas, ya que la precipitación total anual va de 800 a 1000 mm y la temperatura media anual es mayor de 22°C. Esta última propicia un alto índice de evapotranspiración y disminuye la humedad ambiental, lo que da lugar al desarrollo de árboles como el Tepehuaje (*Lisiloma* spp.), Cazahuate (*Ipomoea* spp.), Colorín (*Erithryna* spp.), Cuajjotes y Copales (*Bursera* spp.), entre otros, que son algunos de los elementos característicos de la selva baja caducifolia.

La mayoría de la selva baja caducifolia correspondiente a la Depresión del Balsas que se mantiene fuera de las concentraciones urbanas está muy bien preservada (Toledo y Ordóñez, 1993). En este sentido, la alta concentración de especies de *Bursera* con diferentes niveles de parentesco y variados patrones ecológico-geográficos ofrece buenas posibilidades para la búsqueda de explicaciones generales de eventos evolutivos y del establecimiento de las especies, así como el esclarecimiento de los factores que han determinado la existencia de un alto número de especies en la depresión del Balsas (Toledo-Manzur, 1982).

La taxonomía del género *Bursera* es aun motivo de discusión, ya que las características morfológicas de las especies no son muy claras. Por esta razón se han planteado estudios anatómicos para encontrar otras fuentes de caracteres que contribuyan a inferir las relaciones genealógicas de *Bursera* con otros géneros (*Commiphora* y *Boswellia*, particularmente) que pertenecen a la misma familia. Asimismo estos estudios contribuyen al esclarecimiento taxonómico y por consiguiente nomenclatural de ambos taxones.

Por medio de la realización de un estudio morfo-anatómico comparativo del fruto de dos especies (*Bursera aloexylon* (Shiede ex Schlecht) Engl. y *Bursera submoniliformis* Engl.) fue posible obtener evidencia adicional, y potencialmente útil para diagnosticar relaciones filogenéticas entre las especies analizadas y se aportaron nuevos datos en la biología comparada del género *Bursera*.

MARCO TEORICO

La lectura nos vuelve a todos peregrinos:

nos aleja del lugar, pero,
lo mas importante,
nos da posada en todas partes

HAZEL RUCHMAN

Distribución del género *Bursera*

La familia Burseraceae incluye cerca de 20 géneros y 600 especies de árboles y arbustos que se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales de África, Asia y América (Fig. 1) (Standley, 1923; Gillett, 1991; Rzedowski y Guevara-Féfer, 1992). Su distribución geográfica en el continente Americano se extiende desde el extremo sur de los Estados Unidos de América hasta Perú, el sur de Brasil, incluyendo también áreas insulares de las Antillas, Galápagos y Revillagigedo y parece haber una disyunción en el extremo noreste de Brasil (Fig. 1) (Rzedowski y Kruse, 1979). Las especies de tal área probablemente pertenecen al género *Commiphora* (Gillett, 1980).

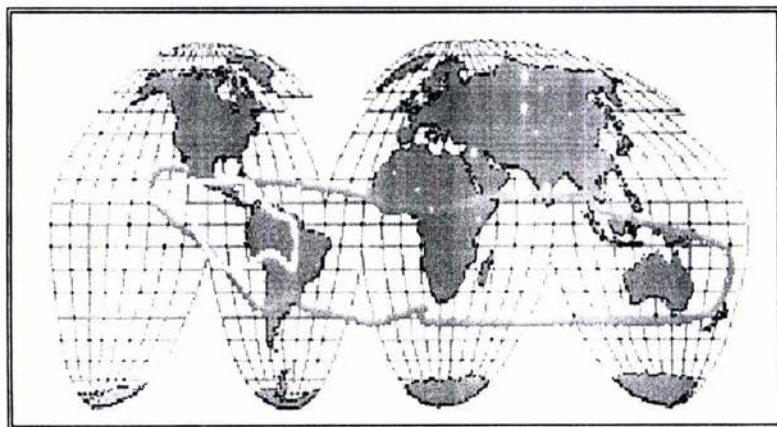


Figura 1. Distribución de la familia Burseraceae.

La diversidad del género *Bursera* se concentra en México (Fig. 2), en donde se han registrado más de 80 especies en casi todos los estados de la República, destaca sobre todo en la vertiente pacífica (Rzedowski y Kruse, 1979). El único estado en el que no se encuentra es en Tlaxcala y parece faltar por completo en amplias extensiones de la Altiplanicie y del NE del país.



Figura 2. Distribución geográfica del género *Bursera* en México (elaborado a partir de Rzedowski y Kruse, 1979).

La depresión del Balsas es la región más rica en especies de *Bursera* aproximadamente 48 especies (Miranda, 1947; Toledo-Manzur, 1982; Rzedowski, 1994).

Se puede pensar que las características de esta zona les son propicias, por lo que se encuentran ligadas a la evolución del bosque tropical caducifolio; sin embargo, en otras regiones los bosques de tipo caducifolio no presentan tantas especies como aquí, por lo que cabría considerar que es la particular configuración y ubicación del área y su historia geológica la que permite la existencia de esa diversidad.

Desde el punto de vista ecológico, el género *Bursera* asume un papel trascendental en la Depresión del Balsas, ya que son los elementos cuantitativamente más importantes y codominantes o dominantes de la selva baja caducifolia. Como señalaron Rzedowski y Kruse (1979), este grupo podría utilizarse como un indicador de climas y quizás de algunos otros factores ambientales. Las especies de *Bursera* son elementos importantes en comunidades climax, disminuyendo su frecuencia en sitios alterados y suelen ser más abundantes en condiciones climáticas con amplios periodos de sequía, teniendo como peculiaridad el encontrarse preferentemente en suelos someros de cerros con laderas de gran pendiente (Rzedowski y Kruse, 1979; Toledo-Manzur, 1982).

Los ecosistemas en donde se encuentra el género *Bursera* son potencialmente útiles y productivos para el desarrollo sustentable del país. En cuanto a su importancia económica, las cerca de 80 especies de este género presentes en México son todavía un recurso por explotar. La resina aromática "copal" de diferentes especies de *Bursera* se ha usado como incienso y barniz. Aunque muchas especies no tienen usos maderables en bosques tropicales y subtropicales en los Estados de Durango, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, muchas de ellas tienen otros usos como el aromático, es el caso del aceite esencial (aceite de linaloe) de *Bursera aloexylon* y de especies afines que se obtiene por destilación de la madera (Niembro, 1986). El linaloe se adquiere de Ixcamilpan, Temalacalcingo, El Rosario y de otros pueblos cercanos en el estado de Guerrero. Esta esencia aromática se utiliza como base para la fabricación de perfumes; se ha estado explotando en algunas partes de México. Anteriormente se exportaba como materia prima para la elaboración de perfumes. En Olinálá, Guerrero uno de los centros de producción artesanal más importante del país, gran parte de sus habitantes trabajan la laca utilizando todavía técnicas tradicionales en su preparación mediante aceite de chía, tierras y pigmentos industriales. La madera se utiliza para fabricar artesanías como las "cajitas de Olinálá" (Gutiérrez, 1981; Torrico, 1991), y en la mayoría de los casos es usada como "cerca viva" para delimitar terrenos (se le ha llamado así por la capacidad que tienen las ramas que se entierran para que enraícen y formar un nuevo árbol), para leña y para la construcción de viviendas rurales. La corteza y goma de *B. aloexylon* se estima mucho como remedio casero. La goma resinosa se ha utilizado como incienso, pegamento para reparar platos rotos, como revestimiento protector en las canoas y como repelente de

insectos y gusanos. La especie es utilizada de forma medicinal contra neuralgias y piquetes de alacrán (Martínez, 1990). En otras especies como *B. simaruba*, la infusión que se obtiene del cocimiento de la madera se utiliza en algunos lugares para bajar de peso. En medicina popular se utiliza como purgante, sudorífico y diurético, contra la disentería, la hidropesía y males venéreos; el cocimiento de las hojas para bajar la fiebre, afecciones estomacales, la tosferina, el sarampión y dolor de cabeza. Como las hojas son frescas, se utilizan para refrescar las plantas de los pies (Aranda,1996; González *et al.*, 1988).

Diagnosis del Género *Bursera* Jacq. Ex L.

Árboles bajos o de estatura media (5 a 15 m) aunque también pueden ser arbustos y algunos árboles llegan a superar los 20 m (Rzedowski y Kruse, 1979; Loigier, 1985); su corteza es delgada con colores que varían de gris a amarillo y con frecuencia presentan exfoliación; la ramificación se da a poca distancia del suelo (0.5 a 3 m) de tal manera que el tallo principal pierde pronto su identidad y la copa tiende a ser ancha y redondeada; hojas imparipinadas, bipinadas, 3-folioladas o 1-folioladas con diferentes tamaños y formas; folíolos expuestos; inflorescencia en panículas racimosas axilares; flores pequeñas 3 a 5 meras, poligamas o bisexuales, sépalos 3 a 5 extendidos o reflejos, disco anular crenado; estambres de 6 a 10 cortos, subiguales, filamentos libres, insertos en la base del disco; ovario sésil, 2 a 3 carpelar, 2 a 3 lobado; fruto una cápsula 2 a 3 valvada, usualmente una semilla plano convexa; testa membranacea o coriácea, radícula corta, superior (Loigier, 1985).

Todas las especies de *Bursera* parecen ser plantas rigurosamente caducifolias, perdiendo sus hojas en la época seca del año y en general floreciendo al final de la misma, más o menos simultáneamente con la aparición de órganos foliares nuevos (Rzedowski y Kruse, 1979).

Diagnosis de las especies en estudio

a) *Bursera submoniliformis* Engl.

Árbol de 2.5 a 9 m de alto, corteza gris-rojiza, no exfoliante; catáfilos triangulares de 2.5 a 5 mm de largo; hojas de 11.5 a 17 X 6 a 7 cm, con 9 a 17 folíolos, raquis angostamente alado, folíolos laterales sésiles o subsésiles, oblongo o lanceolados, a veces elípticos, de 2 a 4 X 8 a 17 mm, base redondeada u oblicuamente obtusa, ápice redondeado o agudo, rara

vez acuminado, margen aserrado; **inflorescencias** en forma de panículas flojas, las masculinas de 3 a 10 cm de largo, con 6 a 40 flores, las femeninas menores y con menos flores; **flores** tetrámeras; sépalos libres, lineares a angostamente lanceolados u oblanceolados, de 1.9 a 4 X 0.4 mm, pilosos; pétalos oblanceolados con la parte inferior enrollada semejando un tubo, de 3.4 X 1 mm, pilosos; ovario de las flores femeninas, elipsoidal o ligeramente cónico, de 1 a 2 mm de largo, rojo vino, velutino con pelos verde claros; **frutos** son drupas bivalvadas elipsoidales, de 7 a 12 X 5 a 7 mm, blanquecino a verde-crema-velutinas, ápice agudo o apiculado; semilla elipsoidal de 6 a 6.7 X 4 a 5 mm, pseudoarilo anaranjado-rojo cubriéndole casi en su totalidad (Toledo-Manzur, 1982).

b) *Bursera aloexylon* (Shiede ex Schlecht.) Engl

Árbol de 3.5 a 5 m de alto, corteza gris rojiza no exfoliante, aroma intenso, agradable, dulce, **hojas** de 6 a 12 cm de largo y 3.5 a 7.5 cm de ancho, con 2 a 5 pares de folíolos, el haz glabrescente en la madurez y espaciadamente veloso en el envés, alas del raquis hasta de 5 mm de ancho, enteras, pecíolos de 1.2 a 2.7 cm de largo; folíolos laterales elípticos, de 1.4 a 2.5 cm de largo y 0.9 a 1.5 cm de ancho, base obtusa, ápice obtuso o redondeado, margen profundo, gruesa y obtuso a redondeado crenado-dentado con cerca de seis dientes por lado, el terminal mayor, oblanceolado y agudo en ambos extremos; **inflorescencias** paniculadas de 1.5 cm de largo, con cerca de 3 a 4 flores; **flores** tetrámeras; cáliz con los lóbulos triangulares de alrededor de 0.7 mm de largo y 0.5 mm de ancho, verdes, con pétalos glandulares capitados; pétalos oblanceolados a elíptico-oblanceolados, de alrededor de 3.6 mm de largo y 11 mm de ancho, ligeramente capitado pilosos; **frutos** son drupas bivalvados obovoides, algo comprimidos, glabras, de 0.9 a 1.1 cm de largo y 0.8 cm de ancho, pedicelos de alrededor de 1.3 cm de largo; semilla lenticular de alrededor de 0.5 cm de largo y 0.65 cm de ancho, con el pseudoarilo anaranjado, cubriéndole la mitad inferior (Toledo-Manzur, 1982).

Evolución del género *Bursera*

De acuerdo con los esquemas de Engler (1931) y Lam (1932), el género *Bursera* junto con los géneros tropicales de *Aucoumea*, *Boswellia*, *Commiphora* y *Triomma* forman parte de la tribu Bursereae, que se considera como un grupo avanzado dentro de la familia Burseraceae (Fig. 3). *Boswellia* agrupa especies que habitan mayormente desde África oriental hasta Arabia y el occidente de la India, mientras *Commiphora* agrupa unas 140 especies de distribución similar a *Boswellia*.

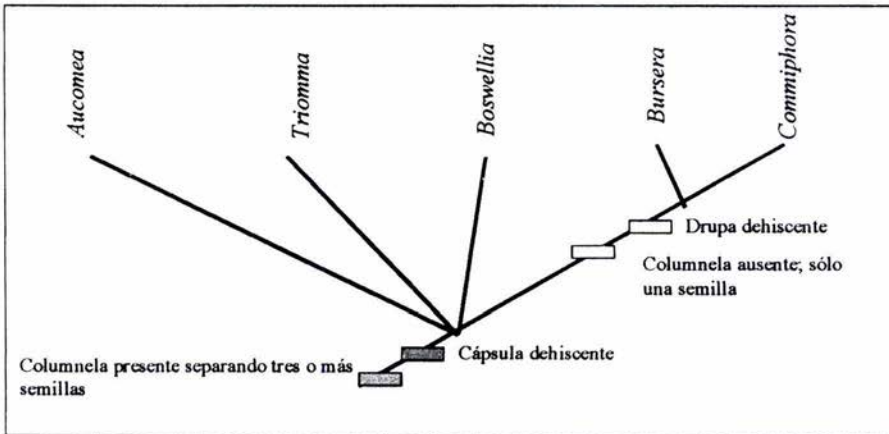


Figura 3. *Bursera* junto con los géneros: *Aucoumea*, *Boswellia*, *Commiphora* y *Triomma* forman parte de la tribu Bursereae o Boswellieae grupo avanzado dentro de la familia Burseraceae.

Rzedowski y Kruse (1979) encontraron algunas tendencias evolutivas en *Bursera* y propusieron algunas afinidades taxonómicas entre varias de las especies del género.

A partir de estas observaciones y de abundar en la investigación taxonómica del grupo propusieron dos hipótesis del origen del género *Bursera*. La primera señala que este grupo posiblemente es difilético (Fig. 4a), con base en la gran diferencia que hay entre sus dos secciones (*Bursera* y *Bullockia*) y por la afinidad que existe entre la sección *Bursera* y el género *Boswellia*, y entre la sección *Bullockia* y el género *Commiphora*. Sin embargo,

de acuerdo con su misma propuesta, existiría una segunda y posible hipótesis adicional a contrastar, esto es, que el grupo fuese parafilético (Fig. 4b)

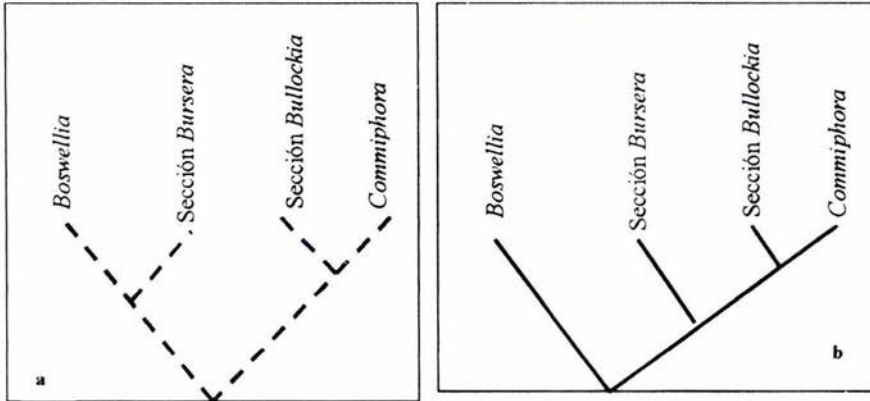


Figura 4. a) el género *Bursera* como un grupo difilético, b) El género *Bursera* como un grupo parafilético según Rzedowski y Kruse 1979.

Con tales antecedentes se ha propuesto un esquema hipotético del posible curso de la filogenia que se ilustra en la figura 5 en el cual se considera a *Boswellia* como un grupo que origina a *Bursera* secc. *Bursera*, y la secc. *Bullockia* da origen a *Commiphora* siendo este el grupo mas joven. Cabe señalar que si la hipótesis del curso de la filogenia que contempla al género *Bursera* como un conjunto difilético fuera verdadera, la mayor parte de los procesos evolutivos se tuvieron que realizar en épocas en que existía una conexión entre África y América tropical.

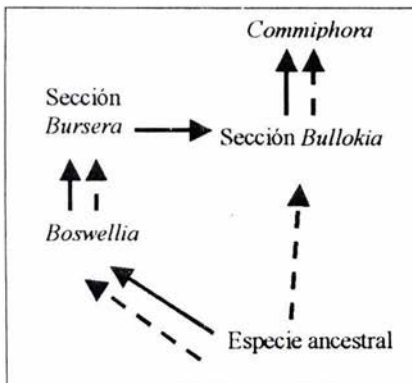


Figura 5. Diagrama de las afinidades de las secciones del género *Bursera* con *Boswellia* y *Commiphora* (flechas continuas se refieren al origen parafilético, flechas discontinuas hacen referencia al origen difilético).

Taxonomía y filogenia del género *Bursera*

La taxonomía ha sido abordada desde hace tiempo por varios autores. Engler (1883) reconoció que dentro del género *Bursera* existen especies con fruto trivalvado y otras con dos valvas; supuso que el fruto bivalvado en algunas especies se deriva de un ovario trilobular donde uno de los lóculos aborta. Con base en este patrón, Bullock (1936) reconoció dos secciones consistentes dentro del género, según si tenían fruto de dos o tres valvas (Fig. 6).

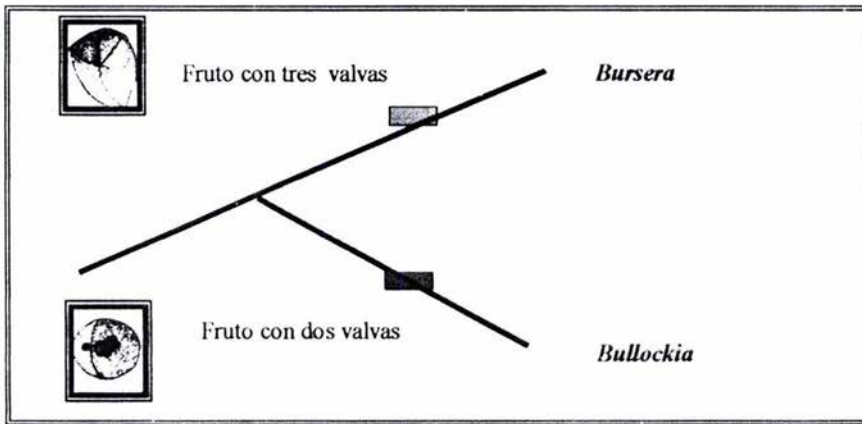


Figura 6. Taxonomía del género *Bursera* según Bullock (1936).

McVaugh y Rzedowski (1965) confirmaron la observación de Bullock y propusieron dos secciones añadiendo otros caracteres distintivos de cada sección. La primera, *Bursera* sección *Bursera* comprende especies con ovario trilobular, fruto trivalvado, flores trímeras, tetrámeras o pentámeras con corteza exfoliante. A su vez, *Bursera* sección *Bullockia* incluye especies con ovario bilobular, fruto bivalvado, flores tetrámeras o pentámeras con corteza lisa no exfoliante (Fig. 7). Una evidencia en favor de tal división es el hecho de que solo se han consignado casos de hibridación entre especies pertenecientes a la misma sección e incluso en la taxonomía popular se encuentra un nombre distinto para cada sección “cuajotes” para *Bursera* y “copales” para *Bullockia*. Además de las dos secciones, McVaugh y Rzedowski (1965) distinguieron 11 grupos, seis

pertenecientes a la sección *Bullockia* y cinco a la sección *Bursera*; sin embargo, los autores advirtieron que ese agrupamiento obedece a sus afinidades morfológicas sin relación filogenética.

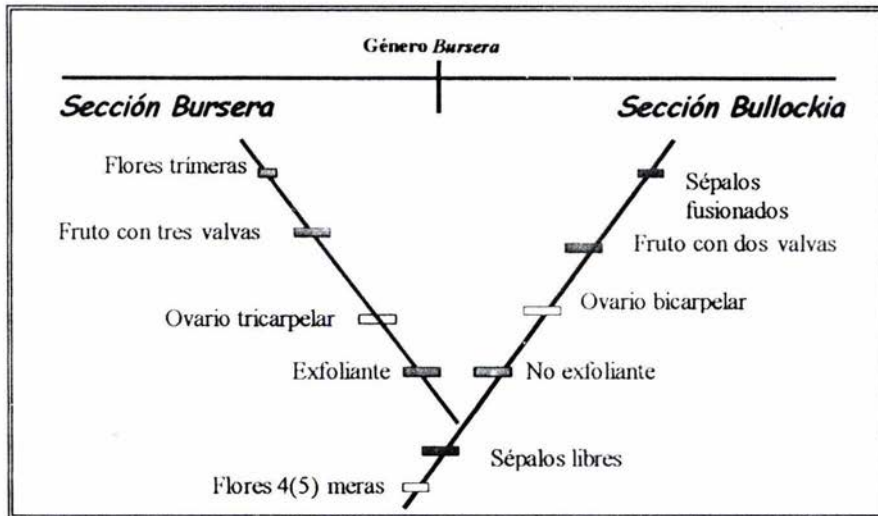


Figura 7. Taxonomía del género *Bursera* según McVaugh y Rzedowski, (1965).

Más tarde se encontraron diferencias adicionales entre las secciones, como la presencia de catáfilos bien desarrollados en *Bursera* sección *Bullockia* y ausentes en *Bursera* sección *Bursera* (Rzedowski, 1968) y hojas con raquis alado y ariloide que cubre solo parcialmente la semilla como caracteres frecuentes en *Bullockia* (Rzedowski y Kruse, 1979; Gillett, 1980).

Toledo-Manzur (1982) distinguió solo tres grupos dentro de *Bursera* sección *Bursera* y dos dentro de la sección *Bullockia* (Fig. 8). En su opinión, tal agrupación parece expresar en cierto grado verdaderas relaciones filogenéticas, aunque algunas especies podrían estar artificialmente incluidas. *Bursera* sección *Bullockia* queda dividida en dos grupos, en el primero, el ariloide cubre 2/3 partes de la totalidad de la semilla, incluye a los grupos 1, 2 y 4 de McVaugh y Rzedowski (1965), especies de la sección *Bullockia* en donde el ariloide cubre la totalidad de la semilla, o más de las 2/3 partes, sépalos libres, mayores de 1.5 mm de largo. En el grupo 2 se ubican los grupos 3, 5 y 6 de McVaugh y

Rzedowski (1965), especies de la sección *Bullockia* con las caras de las semillas cubiertas en menos de las 2/3 partes por el ariloide coloreado que frecuentemente cubre también los cantos o suturas; sépalos fusionados, lóbulos generalmente menores de 1.5 mm.

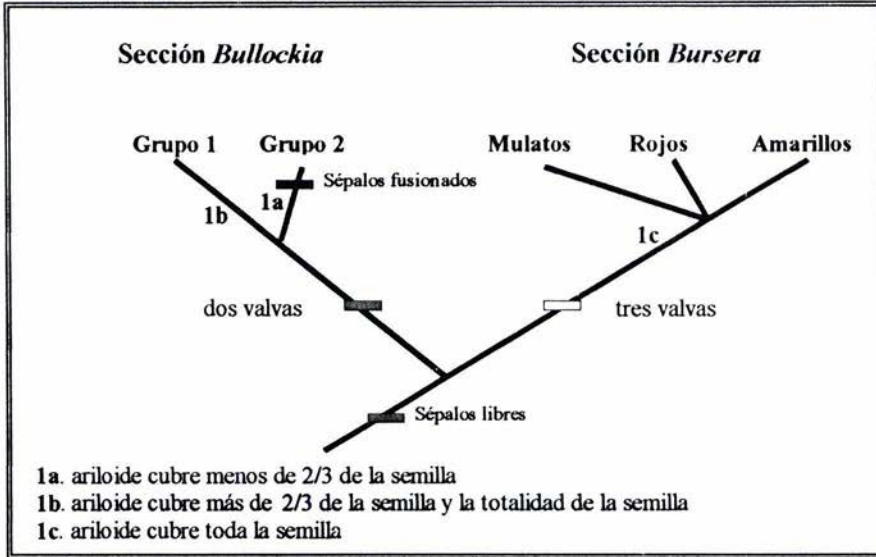


Figura 8. Taxonomía del género *Bursera* según Toledo-Manzur 1982.

Bursera sección *Bursera* está dividida en “mulatos” (especies de foliolos de margen entero, con frecuencia el ápice acuminado bruscamente, hojas cotiledonares trilobadas, pétalos reflejos en las flores maduras, corteza exfoliante generalmente rojiza), incluye solamente al grupo 7 de McVaugh y Rzedowski (1965). El grupo de los “mulatos” fue también distinguido por Daly (1993) como el complejo de *Bursera simaruba* y “cuajjotes” (con foliolos aserrados). A su vez, los “cuajjotes” se separan según el color de su corteza, en “cuajjotes rojos” o “aceitillos” aquí incluyen a los grupos 8, 9 y 10 de McVaugh y Rzedowski; foliolos aserrados o a veces enteros, las hojas cotiledonares multilobadas, y “cuajjotes amarillos” que corresponden al grupo 11 de McVaugh y Rzedowski, aunque esta última división no es muy clara.

Recientemente se han hecho estudios usando técnicas moleculares (Becerra, 1997; Becerra y Venable, 1999; Becerra 2003) los cuales confirmaron el carácter monofilético del género *Bursera*, así como la existencia de sus dos secciones, *Bursera* y *Bullockia*. Al analizar la filogenia molecular generada mediante técnicas de parsimonia en secuencias de DNA ribosomal. El árbol de consenso (Fig. 9) muestra cuatro grupos dentro de la sección *Bursera*, tres de ellos pertenecen a lo que Toledo-Manzur (1982) denominó como "cuajjotes"; en donde se incluyen complejos que están definidos por las especies de *B. fragilis*, el grupo de *B. fagaroides* y el grupo de *B. microphylla*. Las características que distinguen al grupo de *B. fragilis* son el margen de los folíolos crenado o serrado, que difiere de los grupos *fagaroides* y *microphylla* porque sus folíolos tienen margen entero. El cuarto grupo es el definido por el complejo "*Bursera simaruba*" *sensu* Daly (1993) también llamados "mulatos" por Toledo-Manzur (1982).

Becerra y Venable (1999) sugieren dos grupos naturales mediante caracteres morfológicos para la sección *Bullockia* llamados el grupo *Glabrifolia* y el grupo *Copallifera*. Sin embargo, Becerra (2003) sugiere que en la sección *Bullockia* la estructura basada en morfología propuesta por Toledo-Manzur (1982) no coincide con la sugerida por evidencia molecular, ya que los grupos generados dentro de la esta sección son poco notables según el árbol de consenso.

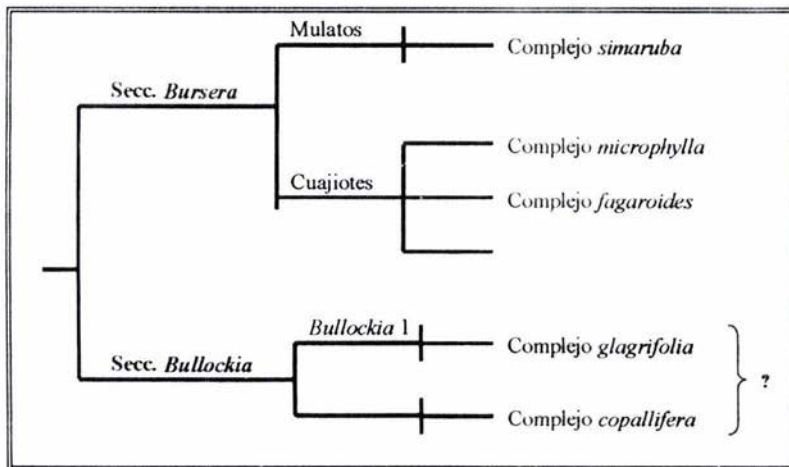


Figura 9. Estructura taxonómica del género *Bursera* (modificado de Becerra y Venable, 1999 y Becerra, 2003).

Problemática taxonómica del género *Bursera*

El conocimiento sobre el género muestra aún problemas nomenclaturales y taxonómicos. Esto ha originado que se haya dado el nombre a 183 especies como *Bursera*, pero sólo 167 de ellos son nombres aceptados; y si se toma en cuenta el número de sinonimias subjetivas, el número de especies rebasaría las 100 especies que hasta ahora son consideradas.

La taxonomía del género ha sido abordada desde hace tiempo por varios autores (Engler, 1883, 1931; Rose, 1911; Standley, 1923; Bullock, 1936, 1937, 1938; McVaugh y Rzedowski, 1965; Rzedowski y Kruse, 1979; Toledo-Manzur, 1982; Andrés, 1997; Becerra y Venable, 1999; Hernández-Lozano, 2001; Andrés y Espinosa, 2002) quienes han hecho estudios de fruto, hojas, flores, peciolo, planta e incluso de análisis moleculares. La clasificación de estas plantas aún es incompleta y aun falta indagar sobre sus relaciones filogenéticas.

El fruto del género ha sido estudiado morfológicamente desde hace varios años, Marchand en 1868 establece la división del género en tres tribus por medio de observaciones de los pirenos del fruto: la tribu *Protiae*, en la cual los pirenos (partes del fruto) están libres pero no separables, la tribu *Bursereae*, donde los pirenos están unidos pero dehiscentes en valvas, y la tribu *Canarie*, en la cual los pirenos están fusionados.

En muchas especies reconocidas en el género *Bursera*, la delimitación taxonómica no es satisfactoria ya que no se han podido establecer caracteres contundentes que las separen de otras, lo que trae como consecuencia un conocimiento incompleto sobre las relaciones filogenéticas del género.

Importancia de los estudios morfo-anatómicos

La descripción morfo-anatómica de cualquier estructura (flor, peciolo, fruto, hoja, corteza) puede ser adoptada como un complejo de caracteres potencialmente útiles para explicar aspectos de taxonomía, adaptaciones ecológicas, relaciones genealógicas, así como aspectos de fisiología y probablemente pueden ayudar a esclarecer relaciones filogenéticas entre taxa.

Estudios anatómicos del género *Bursera*

Guillaumin (1909) consideró que hay una marcada afinidad de Burseraceae con las Rutaceae, Anacardiaceae, Meliaceae y Simarubaceae por la anatomía de la madera. Webber (1941) menciona que hay una similitud básica en la estructura de la madera de todos los géneros de las Burseraceae y concluye que la especialización de estas familias se ve reflejada en la estructura de los frutos, flores y hojas.

Los estudios anatómicos de madera hechos por Terrazas-Salgado (1994) sugieren que la familia hermana de Burseraceae es Anacardiaceae. Gómez-Vázquez (1983) realizó estudios anatómicos de madera en dos especies del género; *B. longipes* y *B. copallifera*. Se ha descrito la anatomía de corteza para varias especies de *Bursera* (Suárez y Engleman, 1982; Gómez-Vázquez y Engleman, 1984; Garibaldi, 1985), en donde se describen los canales de resina. Se encontraron tres tipos de canales: axiales, radiales y tangenciales, estos últimos son conexiones entre los axiales y radiales y son muy abundantes en la corteza secundaria de las especies de *B. copallifera* y *B. grandifolia*.

Estudios sobre morfología de la plántula de *Bursera* han descrito dos tipos de hojas cotiledonares, trilobadas y multilobadas (Rzedowski y Kruse 1979; Johnson, 1992). Daly (1991) reportó que en las Burseraceae, las hojas unifoliadas representan una condición neoténica ya que el protofilo es unifoliado en sus plántulas.

Andrés (1997) y Andrés y Espinosa (2002) analizaron plántulas de 11 especies del género, encontrando características determinantes para cada sección. La sección *Bursera* presentó un tipo de germinación faneroepigeal, raíz axomorfa con un engrosamiento que comienza en la base del cuello, hipocótilo delgado. Para el caso de los "Cuajjotes", la forma de la hoja cotiledonar es multilobada y para las especies del complejo *simaruba* son trilobadas; en tanto que para la sección *Bullockia*, se presentó germinación faneroepigeal, raíz axomorfa delgada, hipocótilo engrosado lenticelado y las hojas cotiledonares trilobadas. Estos caracteres le dan identidad a cada una de las secciones.

Se ha considerado que los caracteres de venación se conservan más en la hoja y resultan de mayor importancia para la delimitación de grupos de especies emparentadas contribuyendo al desarrollo ontogenético (Hickey, 1974, 1979).

En cuanto a los estudios sobre arquitectura foliar, Roth y Yee (1991) realizaron estudios de venación en especies de Burseraceae y reportaron que existen aréolas imperfectas e irregulares y vénulas dendroides en *Protium neglectum* y areolas irregulares imperfectas con vénulas simple en *Tetragastris panamensis*.

Daly (1991) menciona que las especies de la familia Burseraceae se caracterizan por poseer hojas compuestas alternas e imparipinadas. Pero aun así varios taxones presentan hojas unifoliadas.

Con base en caracteres morfológicos y de arquitectura foliar Andrés (2001) distingue a la sección *Bullockia* como monofilética, principalmente por caracteres morfológicos tanto de plántula como de ejemplares adultos (la radícula delgada axonomorfa, tipo de venación semicraspedódroma, forma del peciolo de triangular a elipsoidal, el fruto bivalvado y pseudoarilo). También distingue el grupo de los "mulatos" aislado de las demás especies pertenecientes a la sección *Bursera*, esta separación se da por el tipo de venación que es braquidódroma. Sin embargo, no encontró sinapomorfías que lo sustenten, por lo que sugiere incluir más especies pertenecientes a este grupo para observar si el grupo se mantiene. Las especies que conforman al grupo de los "Cuajotes" presentan un patrón general de venación cladódroma y la hoja cotiledonar multilobada.

Guillaumin (1909) menciona que el peciolo es el órgano con más variación anatómica en las Burseraceae, sobre todo por la presencia y ausencia de haces medulares. Lam (1932) encontró que existen diferentes tipos de haces medulares en las tribus de esta familia, la tribu *Canarieae* presenta haces medulares, *Burserae* haces medulares peciolares y en *Commiphora* casi siempre existe un círculo completo de haces vasculares en el peciolo.

Según Andrés (2001), los peciolos de *Bursera* son variables en sección transversal. En la sección *Bursera* normalmente es cilíndrico y en *Bullockia* triangular o elipsoidal, el número de haces vasculares y canales de resina es generalmente mayor en *Bullockia*. La sección *Bullockia* presenta tricomas simples y glandulares mientras que en la sección *Bursera* están ausentes. Estos caracteres deben considerarse como importantes para establecer las relaciones filogenéticas entre las especies de *Bursera*.

Los estudios anatómicos de fruto de *Bursera* son escasos y sólo se han descrito frutos de dos especies de la sección *Bursera*. Según Becerril (2003), el fruto de *B. aptera* y *B. morelensis* es trilobular, pero sólo un lóculo se desarrolla y los otros dos abortan, todos

los frutos de las especies de *Bursera* presentan una pared seca dehiscente en la madurez, de color café oscuro. Anatómicamente las diferencias más importantes observadas de cada especie son: (1) número, forma y tamaño de los canales, (2) pseudo-arilo (3) semilla y (4) forma del embrión.

Finalidad de este trabajo

La reconstrucción filogenética tiene la finalidad de crear sistemas de clasificación basados en relaciones genealógicas, por lo que tienen un valor intrínseco innegable para elaborar clasificaciones naturales, dada la importancia que representan estas clasificaciones para establecer la historia evolutiva de los grupos de individuos.

En la búsqueda de información taxonómica útil para la reconstrucción filogenética del género *Bursera*, se ha planteado la descripción morfológica del fruto como un complejo de caracteres potencialmente útiles en la taxonomía del género que puede usarse para diagnosticar relaciones filogenéticas entre taxa.

El fruto ha sido importante en el análisis de la taxonomía del grupo. Sin embargo, los aspectos anatómicos de éste aun no han sido revisados. Debido a lo anterior, en este trabajo se abordó el estudio anatómico del fruto, para ampliar la descripción de características morfológicas del mismo que pudiesen ser fuente de nuevos caracteres que contribuyan a esclarecer la estructura taxonómica del género *Bursera*, basándose exclusivamente en especies que están comprendidas en la sección *Bullockia*, con el fin de fortalecer su conocimiento taxonómico.

El trabajo fue exploratorio, es decir, busco caracteres evidentemente homólogos que mostraron grandes diferencias entre las dos especies. En una segunda etapa, fuera de los alcances de este trabajo, las observaciones de las mismas estructuras se harán extensivas al mayor número de especies posibles, para contribuir al estudio de nuevas fuentes de evidencia para la reconstrucción de la filogenia del género *Bursera*, aun en discusión.

ZONA DE ESTUDIO

El Balsas es considerado una de las cuencas hidrológicas más importantes de México, por su alta concentración de fauna y flora endémica (Rzedowski, 1994).

La depresión del Balsas se ha dividido en tres partes de acuerdo con la altitud: la alta, que se encuentra por arriba de los 2000 msnm, la parte media que comprende entre los 1000-1800 msnm y la parte baja que se sitúa por debajo de los 1000 m (Ferrusquia-Villafranca, 1993). Esta última parte se divide en dos secciones de acuerdo con la hidrología: el alto Balsas (porción oriental) que va desde los 800 m y la parte baja (porción occidental) cerca de los 200 m (Toledo-Manzur, 1982).

El presente trabajo se desarrolló en la porción oriental del Balsas, en la cual una parte comprende la Sierra de Huautla, al sureste del Estado de Morelos. A esta zona también pertenecen los estados de Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, México y parte de Guerrero.

Las localidades donde se realizó el estudio fueron en las periferias de Jojutla de Juárez (Valle de Vázquez y Pueblo Viejo), Edo. de Morelos, y en Chilpancingo, Guerrero (Casa verde) (Cuadro 1; Fig. 11). Estas zonas cuentan con las siguientes características:

Fisiografía. Abarcan una región de litología muy diversa, constituida por gran variedad de rocas volcánicas metamórficas de diferentes tipos y sedimentarias, continentales que incluyen depósitos yesíferos lacustres del Mioceno. En la zona se encuentran importantes afluentes del Balsas como la cuenca del río Atoyac, que fluye en sentido sudeste hasta verter sus aguas en ese río (INEGI, 1987).

Suelos. Esta zona no presenta diversidad fisiográfica (sólo se encuentran en ella sierras y cañones) ni geológica (presenta principalmente rocas ígneas extrusivas ácidas); el mosaico edáfico no es variado, pues sólo posee cuatro tipos de suelo entre los que domina el Feozem háplico, que tiene una capa superficial oscura suave y rica en materia orgánica y nutrientes. En las sierras y sus laderas, se presenta el Litosol, suelo menor de 10 cm de

profundidad, tepetate o caliche cementado. Además se encuentran en menor proporción e importancia Regosol éutrico y Vertisol pélico (INEGI, 1987).

Vegetación. Como resultado de los factores mencionados se presentan dos tipos de vegetación: Selva Baja Caducifolia y Pastizal inducido. La Selva Baja Caducifolia es la que predomina y se encuentra distribuida en clima cálido subhúmedo y presenta un alto grado de perturbación. El Pastizal inducido tiene una distribución altitudinal igual al tipo de vegetación anterior, pero el área que comprende es menor y su cobertura es del 25-75% (INEGI, 1987).

Clima. El clima es cálido-subhúmedo (García, 1978) con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5. La precipitación media anual fluctúa entre 800 y 1000 mm, y la temperatura media anual registra un valor mayor de 22°C. La precipitación máxima se presenta en el mes de septiembre, con lluvias que oscilan entre 190 y 200 mm; la mínima se registra en los meses de febrero, marzo y diciembre con un valor mínimo de 5 mm. La temperatura más alta se presenta en mayo de 26-27°C, la más baja se registra en los meses de enero y diciembre, ambos en un intervalo que va de 20-21°C.

Cuadro 1. Ubicación y características de las zonas en donde se colectaron las muestras para el estudio.

| Estado | Zona de estudio | Localización | Coordenadas geográficas | Altitud (m.s.n.m.) |
|----------|------------------|---|--|--------------------|
| Morelos | Valle de Vázquez | A 14 Kms. del centro de Jotutla y 15 minutos en el camino que dirige hacia Quilamula. | Latitud 18°31'21"N Longitud 99°05'06"W | 932 |
| | Pueblo Viejo | Sobre la carretera de Higuieron a Pueblo Viejo, a 800 m del pueblo. | Latitud 18°31'19"N Longitud 99°11'31"W | 841 |
| Guerrero | Casa verde | De Casa verde rumbo a Xochipala entre 5 y 6 Km. | Latitud 17°48'00"N Longitud 99°35' 05"W | 850 |

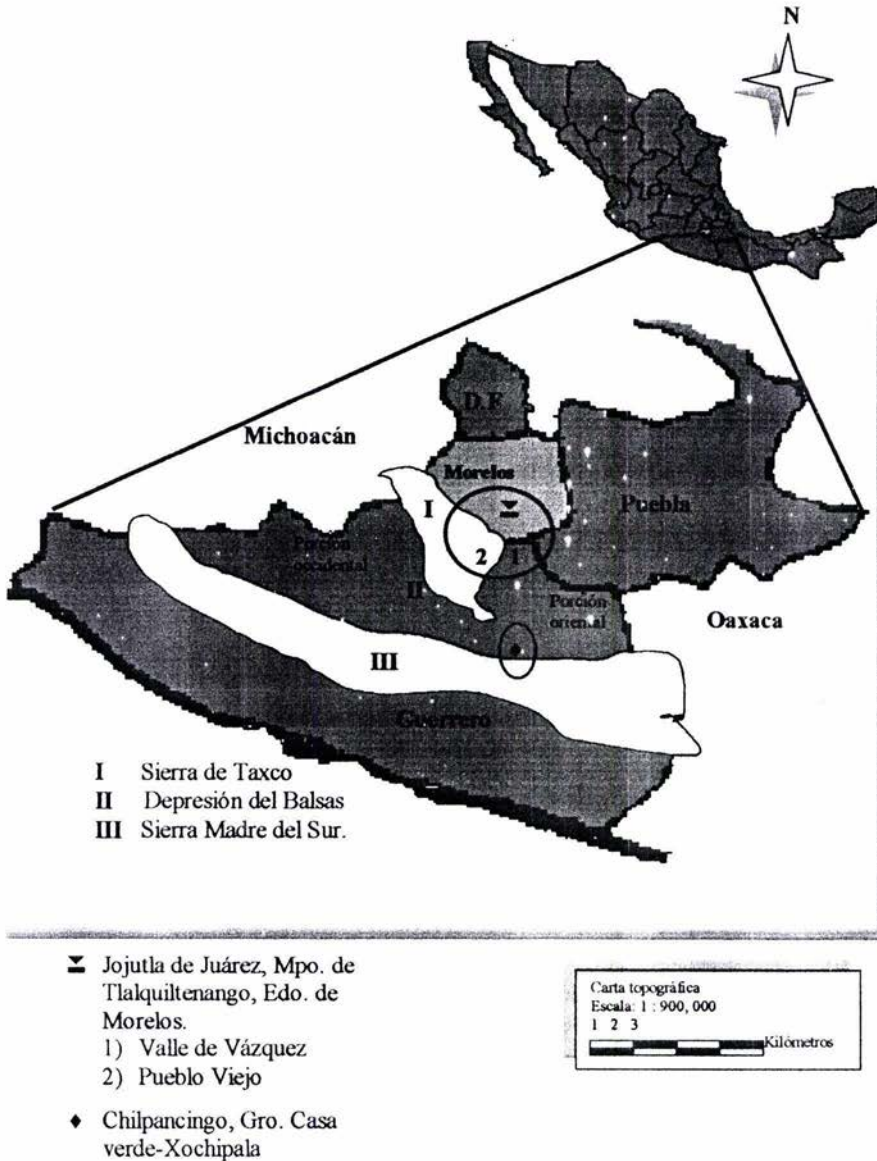


Figura 10. Ubicación geográfica de las zonas de estudio.

OBJETIVOS

Alcanzar una meta elevada
consiste en saber osar en el tiempo y momento adecuado.

IVAN ADOLFO PICAZO

Objetivo general.

- Contribuir al conocimiento taxonómico de dos especies del género *Bursera* (*B. aloexylon* y *B. submoniliformis*), sección *Bullockia*, mediante la descripción de caracteres morfológicos y anatómicos del fruto.

Objetivos particulares.

- Describir la morfología y anatomía del fruto de las especies *Bursera aloexylon* y *B. submoniliformis*.
- Conocer y comparar las diferencias morfológicas y anatómicas del fruto de las especies estudiadas.
- Determinar caracteres útiles para apoyar el conocimiento taxonómico de las especies en estudio.

MATERIAL Y MÉTODO

El mundo es un gran taller en donde hay trabajo para todos.

El método de trabajo se realizó en tres fases: la primera, de campo que incluyó la recolecta y fijación de los frutos de las especies que se han agrupado en la sección *Bullockia*. La segunda fue de laboratorio, la cual comprendió la realización de los cortes, tinción y montaje de los frutos, y la tercera la de gabinete en la cual se llevaron a cabo la observación e interpretación de los cortes del fruto de las especies a analizar.

FASE UNO

Elección de sitios y recolecta de material biológico

Se realizaron recorridos por varias zonas en donde se distribuyen las especies del género *Bursera* y se eligieron dos de aquellas en donde predominaban las especies pertenecientes a la sección *Bullockia* basándose exclusivamente en las especies: *Bursera aloexylon* y *B. submoniliformis*. Las zonas que se eligieron fueron en la periferia de Jotutla de Juárez (Valle de Vázquez y Pueblo Viejo), se encuentran en el estado de Morelos y Chilpancingo (Cañón del Zopilote) en Guerrero, con vegetación de selva baja caducifolia (Boyas, 1991; Guizar y Sánchez, 1991; Rzedowski, 1994) predomina el clima cálido subhúmedo (García, 1978). Una vez elegidas las zonas, se procedió a la recolecta de los frutos y prensado de hojas para respaldo de herbario (Anexo). Para cada especie se seleccionaron tres individuos adultos, sanos y sin daño aparente (cuadro 2). En cada uno de los individuos se recolectaron 50 frutos de diferentes estadios de desarrollo. Los frutos se cortaron de manera transversal en la parte media y se fijaron en FAA (Formol, ácido acético, alcohol y agua) (1:0.5:5:3.5) (Sass, 1961) y se llevaron al laboratorio en frascos de plástico de 100 ml. El proceso de fijación fue durante tres días, posteriormente fueron almacenados en alcohol al 50% para evitar alteraciones en la estructura de los tejidos del fruto.

Cuadro 2. características de los árboles de *Bursera aloexylon* y *Bursera submoniliformis* de los cuales se recolectaron frutos.

| Individuo | Altura (m) | Diámetro (cm) |
|---------------------------|------------|---------------|
| <i>B. aloexylon</i> | | |
| 1 | 4 | 20 |
| 2 | 3.5 | 17 |
| 3 | 4.5 | 22 |
| <i>B. submoniliformis</i> | | |
| 1 | 4.5 | 25 |
| 2 | 4 | 20 |
| 3 | 4 | 24 |

FASE DOS

Trabajo de laboratorio

En esta fase, se seleccionaron 30 frutos al azar por especie y se lavaron con agua corriente.

Inclusión en parafina

La inclusión en parafina de los frutos se llevó a cabo mediante cuatro pasos. 1) Se deshidrataron en diferentes concentraciones de alcohol etílico al 50%, 60%, 70%, 80%, 96% y absoluto de 30 a 40 minutos cada cambio. 2) se realizaron tres baños sucesivos de xilol durante 30 minutos cada uno con el fin de sustituir el alcohol por xilol. 3) se colocaron los frutos en parafina fundida a 57°C, para la completa penetración de esta en el tejido de los frutos se realizaron tres cambios. 4) después del tercer baño en parafina los frutos se colocaron en moldes hechos de cartón con la orientación adecuada para un corte transversal adicionándole parafina fundida (Gaviño *et al.*, 1972).

Para llevar a cabo cortes transversales de la mitad basal, mediante disecciones hechas a mano y con microtomo de deslizamiento de 10 a 15 μm de grosor.

Desparafinación

Los cortes, se colocaron en portaobjetos y fueron desparafinados, esto se realizó colocándolos en canastillas de metal sobre una caja petri con papel absorbente para

recuperar la parafina fundida. Se introdujo la canastilla en una estufa aproximadamente a 58°C hasta que la parafina se fundió. Posteriormente la canastilla se colocó en Xilol durante 20 minutos y en una solución de xilol-alcohol absoluto (1:1) durante 15 minutos. Los cortes fueron nuevamente hidratados mediante alcoholes graduales: 100%, 96%, 70%, y 50% 15 minutos en cada cambio (Gaviño *et al.*, 1972).

Tinción y montaje

Si bien la técnica de tinción es recomendada en la bibliografía (Johansen, 1940), se efectuaron ciertas modificaciones a la misma, esto debido a la naturaleza de los frutos.

Los cortes se tiñeron con safranina, en un tiempo no mayor de cinco minutos. Posteriormente, fueron pasados por una serie de alcoholes de 50%, 60%, 70%, 80% y 96% en tiempos de 5 minutos cada cambio, para realizar la deshidratación del tejido y eliminar el exceso de colorante. Después se tiñeron con verde rápido durante 30 segundos y posteriormente se lavaron cuatro veces con alcohol absoluto, dejándolos 3 minutos en cada lavado. Una vez realizados estos pasos los cortes se aclararon con xilol para su conservación y montaje en placas permanentes con entellan.

FASE TRES

Trabajo de gabinete (observación de estructuras)

En esta última fase se analizó la diversidad de caracteres mediante la observación de las características morfológicas y anatómicas, para poder llevar a cabo una descripción y comparación del fruto de cada una de las especies se compararon frutos de un mismo tamaño, para ver el origen y desarrollo del pseudo-arilo se llevó a cabo mediante frutos en diferentes estadios de desarrollo. La observación se llevó a cabo mediante un microscopio óptico (Olympus BH-12) y estereoscopio (Nikon SMZ800) e imágenes digitalizadas con el programa Microsoft Photo Editor. La descripción de la morfología y anatomía del fruto se basó en los términos propuestos por Richard (1819), Eames y MacDaniels (1947), Fahn (1978), Esau (1985) Carlquist (1988), Moreno (1987) y Font-Quer (1993).

RESULTADOS

La historia no está predeterminada, nosotros la escribimos con hechos que pueden pasar a través de las generaciones.

FELIPE PATIÑO

a) Morfología del fruto

Bursera aloexylon

Los frutos son drupas dehiscentes al madurar, de forma ovoide, miden de 0.9 a 1.1 cm de largo y 0.8 cm de ancho, tienen simetría bilateral, bivalvados, presentan suturas visibles y poco profundas en la unión de las valvas, la terminación de las valvas es redonda; la semilla es lenticular asimétrica, de alrededor de 0.5 cm de largo y 0.65 cm de ancho, con el pseudoarilo de color anaranjado, cubriendo menos de 2/3 partes del endocarpo hasta la mitad inferior (Cuadro 3; Figs. 11-13).

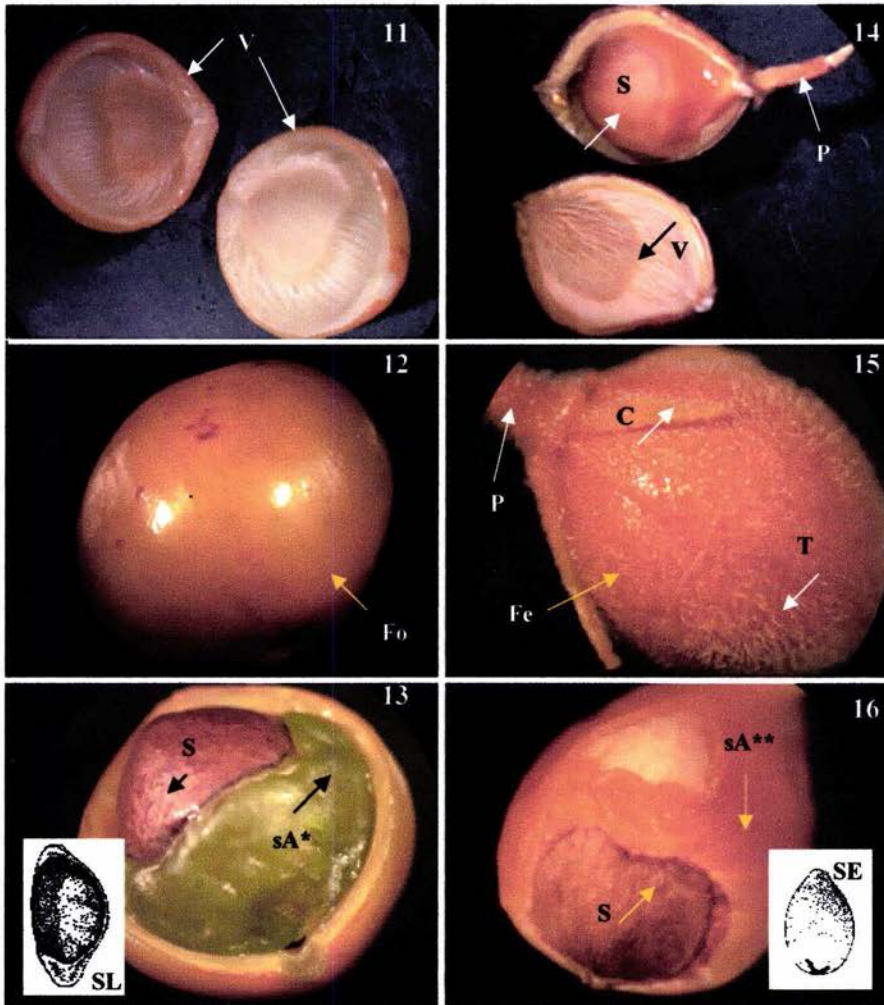
Bursera submoniliformis

Los frutos son drupas dehiscentes al madurar, de forma elipsoide, miden de 0.7 a 1.2 cm de largo y 0.5 a 0.7 de ancho, tienen simetría bilateral, bivalvados, presentan suturas poco visibles y poco profundas en la unión de las valvas, la terminación de las valvas es redonda, semilla elipsoidal de 0.6 cm de largo por 0.4 a 0.5 cm de ancho con el pseudoarilo de coloración anaranjado o rojo, cubriendo casi en su totalidad el endocarpo mas de 2/3 partes (Cuadro3; Figs. 14-15).

Cuadro 3. Diferencias entre las características morfológicas de las especies en estudio.

| Especie / caracteres | Color | Forma | Simetría | Suturas | Forma de la semilla | Pseudoarilo | |
|---------------------------|-------|-------|----------|---------|---------------------|-------------|-----------|
| | | | | | | Color | Cobertura |
| <i>B. aloexylon</i> | C | ovo | R | v | len | a | < de 2/3 |
| <i>B. submoniliformis</i> | C | elip | R | p.v | elip | a - r | > de 2/3 |

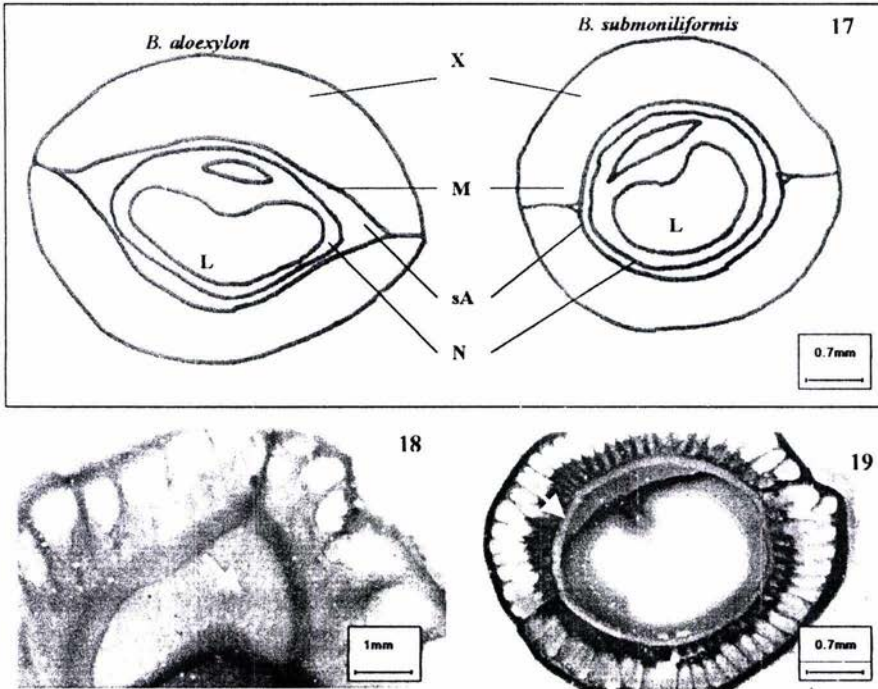
C= café, ovo = ovoide, R = regular, v = visibles, p.v = poco visibles, r = redonda, len = lenticular, elip = elipsoide, a = anaranjada, a - r = anaranjado - rojo.



Figuras 11-16. Características morfológicas de fruto. 11-13 frutos de *B. aloexylon*. 14-16 frutos de *B. submoniliformis*. sA= arilo (cobertura al endocarpo * $< 2/3$, ** $> 2/3$), C= catáfilo, Fo= fruto ovoide, Fe = fruto elipsoide P= pedicelo, S= semilla, SL= semilla lenticular, SE= semilla elipsoidal, T= tricomas y V= valva.

b) Estructura general del fruto

De manera general, en los frutos se puede distinguir un exocarpo carnoso (X), un endocarpo óseo (N) altamente lignificado y un mesocarpo (M) que conforme madura el fruto es desplazado por una estructura que asume el papel análogo de un arilo de color llamativo que comúnmente es una variante de anaranjado a rojo (Fig 17). En este estudio se reveló la existencia de dos tipos diferentes de pseudo-arilo (sA): a) en *Bursera aloexylon* cubre la parte inferior del endocarpo y a menudo los cantos (Fig. 18). b) en *Bursera submoniliformis* cubre el endocarpo por todas partes salvo un punto o una pequeña área en la parte terminal de este (Fig. 19).



Figuras 17-19. Cortes en sección transversal que exponen el tipo de tejidos del fruto de *Bursera secc. Bullockia* y la forma del pseudo-arilo. Figura 17, partes del fruto: X = exocarpo, M = mesocarpo, N = endocarpo, sA = pseudoarilo, L = Lóculo. Figura 18, *B. aloexylon*, el pseudo-arilo (flecha) cubre la parte inferior del endocarpo y a menudo los cantos. Figura 19, *B. submoniliformis*, el pseudo-arilo (flecha) cubre el endocarpo por todas partes salvo un punto o una pequeña área en la parte terminal de éste.

c) Anatomía de las estructuras del fruto

De acuerdo con las observaciones realizadas en cortes en sección transversal de una muestra de 30 frutos por especie, se encontró lo siguiente:

c1) *Bursera aloexylon*

Exocarpo

El exocarpo (X) (Fig. 20) está formado por una epidermis (ep) uniestratificada que forma una capa continua de células pequeñas de forma rectangular, cubierta por una cutícula (CU) de grosor variable. Hay una capa subepidérmica (se) pluriestratificada; los primeros cinco a siete estratos son células colenquimáticas, alargadas y pequeñas de pared gruesa posiblemente lignificadas, con algunos cristales y drusas, posteriormente, se encuentran de cuatro a seis estratos de células parenquimáticas, grandes de membranas delgadas.

Mesocarpo

No existe una demarcación bien definida entre el exocarpo y el mesocarpo. El mesocarpo o pulpa (M) está formado por células parenquimáticas que probablemente sintetizan y almacenan sustancias alimenticias muy diferentes, pueden tratarse de sustancias como granos de almidón, gránulos y cristaloides de proteína, y glóbulos de grasa y aceite (Esau, 1985). Este tejido se caracteriza por la presencia de células grandes no comprimidas de paredes delgadas, pero que generalmente tienen forma isodiamétrica, es un tejido pluriestratificado, es común encontrar espacios intracelulares y algunos grupos de células con membranas gruesas y lignificadas (Fig. 21). En el mesocarpo se encuentran canales de resina (CR) de origen esquizogénico (Fig. 21). El número de canales de resina de esta especie varía de 24 a 30 por vaina y son de forma rectangular a ovoide y miden en promedio 37 a 40 μm de largo y 20-25 μm de ancho, con orientación longitudinal, rodeados por una capa de células epiteliales. En la parte interna del mesocarpo se encuentra una línea de separación (Ln) (Fig. 22) bien definida que consiste de una a dos capas de células pequeñas alargadas. Se observan dos expansiones de estas líneas en los costados del fruto (visto de manera transversal) con dirección al exocarpo.

Pseudo-arilo

El pseudo-arilo (sA) (Fig. 23) es una estructura que se origina por la modificación de células del endocarpo externo, en cuanto a textura y contenido de sustancias, se encuentra más desarrollado en los costados del endocarpo. Contienen gotas de aceite, está formado por células parenquimáticas, alargadas radialmente lo que las hace completamente diferente del resto del mesocarpo

Endocarpo

El endocarpo (N) es grueso, óseo y compuesto de cinco capas: (1) la capa exterior (NE) compuesta de dos a tres estratos de células de parénquima de forma alargada, existe una modificación en textura y sustancias de las células de esta capa conforme se acerca la maduración del fruto y originan una estructura que se le ha llamado pseudo-arilo (Oliver, 1984); (2) una capa uniestratificada formada por células grandes parenquimatosas, por algunos cristales prismáticos y algunas drusas (NC) (Fig. 24); (3) una capa pluriestratificada constituida por células de forma irregular y de tamaño variable, dominada por esclereidas con paredes fuertemente lignificadas (NL); (4) una capa uniestratificada de células parenquimáticas de membranas delgadas (NP); (5) capa pluriestratificada de menor grosor que la capa tres, formada por células compactas de forma irregular, ésta capa funge como un tejido de protección al lóculo en donde se desarrolla la semilla, presenta esclereidas y en su parte interior o locular es lisa (NI) (Fig. 24).

Lóculo

En el interior del endocarpo existen dos lóculos (L) (Fig. 25) y sólo uno de ellos se desarrolla. En éste se encuentra de una y a menudo dos semillas (S). En etapas inmaduras hay dos semillas por lóculo, luego tres semillas detienen su crecimiento y una de ellas se desarrolla hasta la madurez. El embrión (E) es de forma globular con ápice aplanado con un suspensor en forma de pedúnculo.

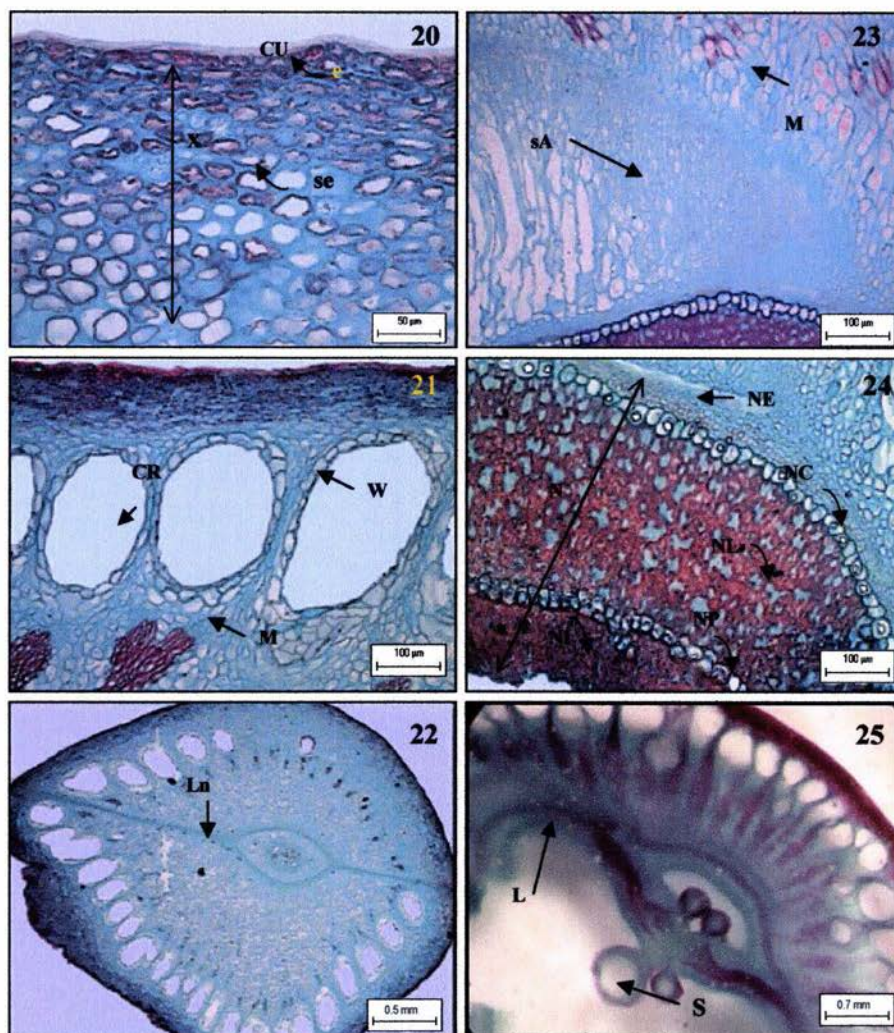


Figura 20-25. Características anatómicas del fruto de *Bursera aloexylon* en sección transversal (Fotos a campo claro). **Fig. 20**, exocarpo maduro lignificado, X = exocarpo, CU = cutícula, e = epidermis, se = subepidermis. **Fig. 21** mesocarpo maduro con presencia de canales de resina, M = mesocarpo, CR = canal de resina, W = células epiteliales. **Fig. 22**, fruto maduro mostrando las líneas de separación de las valvas, Ln = línea de separación. **Fig. 23**, pseudo-arilo con células alargadas radialmente sA = pseudoarilo. **Fig. 24**, endocarpo maduro totalmente lignificado N = endocarpo, NE = endocarpo exterior, NC = endocarpo con cristales, NL = endocarpo lignificado, NP = endocarpo con parénquima, NI = endocarpo interior lignificado. **Fig. 25**, fruto con un lóculo desarrollado L = lóculo, S = semilla.

c2) *Bursera submoniliformis*

Exocarpo

El exocarpo (X) del fruto (Fig. 26) está formado por una epidermis uniestratificada con células alargadas tangencialmente, cubierta por una cutícula delgada (CU). En esta estructura se encuentran tricomas glandulares (T) sin ramificaciones que se desarrollan desde la epidermis (e). La capa subepidérmica (se) está formada por cinco a siete estratos de células colenquimáticas con engrosamientos en la pared, lignificadas, en estos estratos encuentran algunas drusas y cristales prismáticos, y de cuatro a seis estratos de células parenquimáticas, pequeñas, isodiamétricas y con membranas delgadas (Fig.26).

Mesocarpo

El mesocarpo (M) es una pulpa y está formado por células parenquimáticas que almacenan sustancias alimenticias muy diferentes. Este tejido se caracteriza por la presencia de algunos cristales prismáticos y células de paredes delgadas, pero generalmente con paredes isodiamétricas cuyos diámetros difieren poco entre sí, muchas son largas y fusiformes, En este tejido pluriestratificado es común encontrar canales de resina (CR) de origen esquizogénico rodeados de grupos de células con membranas lignificadas (Fig. 27). El número de canales de resina de esta especie varía de 28 a 32 canales por valva y son de forma ovalada y miden en promedio 55 a 60 μm de largo y 18-20 μm de ancho, con orientación longitudinal, rodeados de células epiteliales.

Existe una línea de separación (Ln) de células redondas y pequeñas bien estructurada. Se observan dos expansiones de estas líneas en los costados del fruto (visto de manera transversal) con dirección al exocarpo (Fig. 28).

Pseudo-arilo

El pseudo-arilo (sA) es una estructura que se forma en el endocarpo, se origina por la modificación de células en cuanto a textura y contenido de sustancias, conforme se desarrolla el fruto, se encuentra desarrollado de forma uniforme alrededor del endocarpo

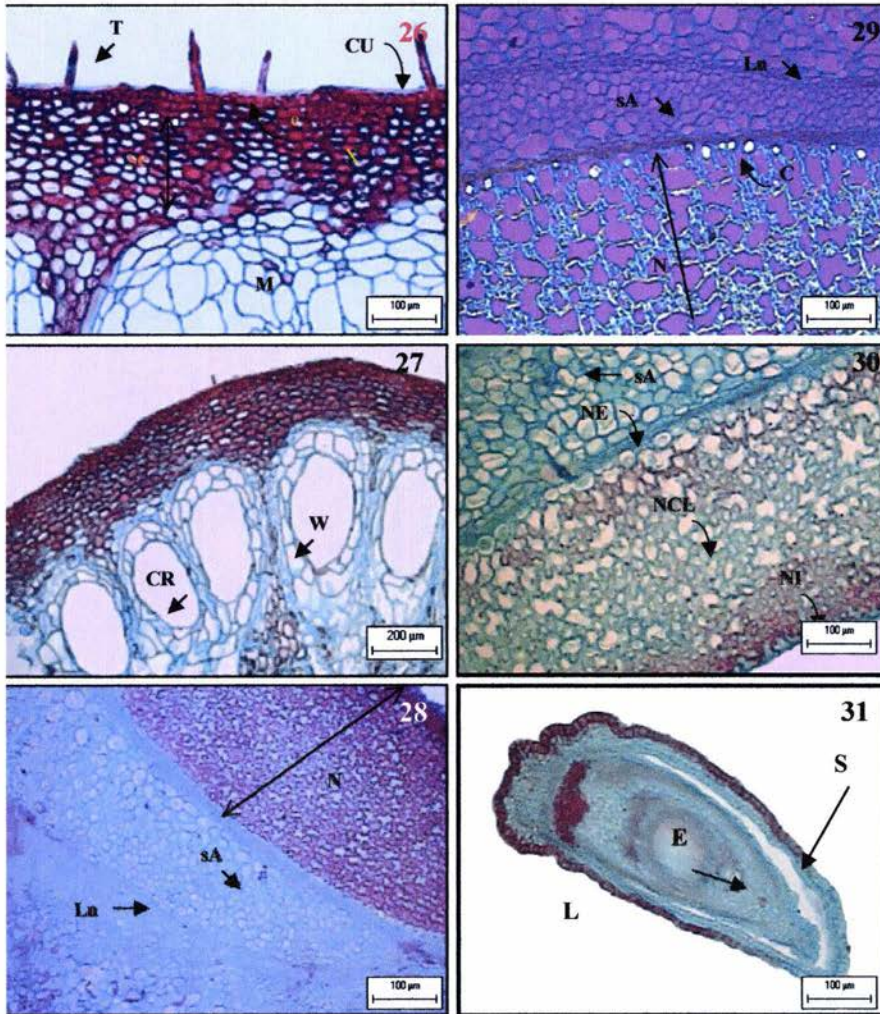
dejando una zona descubierta en la parte final de este. Está formado por células parenquimáticas no estratificadas de diferente tamaño y de forma isodiamétrica (Fig. 29).

Endocarpo

El endocarpo (N) se divide en tres capas (Fig. 30): (1) una capa uniestratificada de células parenquimáticas de elongadas a redondas, con membranas delgadas (NE); (2) una línea uniestratificada de células parenquimáticas con algunos cristales prismáticos (NC) y, (3) capa pluriestratificada constituida por células de forma irregular y tamaño variable dominada por esclereidas con paredes gruesas y altamente lignificadas (NI). La superficie interna del endocarpo es lisa.

Lóculo

En el interior del endocarpo existen dos lóculos (L) (Fig.31) y solo uno de ellos se desarrolla, en éste se encuentra una semilla que se desarrolla hasta la madurez (S). El embrión (E) es de forma globular con ápice aplanado con un suspensor en forma de pedúnculo.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Nunca corres peligro de perderte si sabes lo que buscas
ANÓNIMO

Los resultados obtenidos permitieron observar con detalle la anatomía de los frutos de las especies en estudio. De acuerdo con la naturaleza de los frutos, fue necesario modificar los tiempos de tinción, ya que dependiendo de la especie el tejido, se teñía en tiempos muy variables.

De acuerdo a la morfología del fruto, no existen diferencias estructurales entre las especies estudiadas debidas a la localidad de procedencia, sin embargo, las diferencias anatómicas pueden deberse al estado de madurez del fruto.

Para llevar a cabo una descripción anatómica del fruto de las especies de la sección *Bullockia* se compararon frutos de un mismo tamaño. La observación del origen y desarrollo del pseudo-arilo se llevó a cabo mediante frutos en diferentes estadios de madurez.

Morfología del fruto

Al llegar el fruto a su madurez, el exocarpo y restos del mesocarpo se desprenden (por esa razón se considera una drupa dehiscente) y deja descubierto al pseudo-arilo que de acuerdo con sus características morfológicas y fisiológicas parece constituir una adaptación a la dispersión de las semillas a través de aves o roedores.

Las diferencias morfológicas encontradas en las especies estudiadas y en las de la sección *Bursera* (Becerril, 2003), tales como las suturas o separaciones de las valvas, forma del fruto y semilla, y el color del pseudoarilo, así como su cobertura aportan datos que pueden ser determinantes de cada especie o bien pueden sustentar relaciones filogenéticas y aportar nuevos datos para la biología comparada de las especies en estudio (Cuadro 4).

Cuadro 4 Comparación de caracteres morfológicos de especies de dos secciones de *Bursera*. Los caracteres que se encuentran en las columnas sombreadas son tomados de Becerril (2003).

| CARÁCTER | ESPECIES | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| | SECCIÓN <i>BULLOCKIA</i> | | SECCIÓN <i>BURSERIA</i> | |
| | <i>B. aloexylon</i> | <i>B. submoniliformis</i> | <i>B. aptera</i> | <i>B. morelensis</i> |
| Suturas | Visibles | Poco visibles | Visibles | Visibles |
| Simetría | bilateral | bilateral | bilateral | bilateral |
| Forma de la semilla | Lenticular | Ovoide | Sub-esférica trigona | Trigona |
| Terminación de la valva | Redondeada | Redondeada | Apiculada | Apiculada |
| Tricomas | + | - | - | - |

+ presencia; - ausencia.

Anatomía del fruto

Las dos especies estudiadas presentaron características anatómicas semejantes en la estructura del exocarpo (cuadro 6), existe una marcada variación en el espesor de esta estructura notándose que es un poco más grueso en *B. submoniliformis*. Sin embargo, existe variación interespecífica en la estratificación de las bandas subepidérmicas, lo que probablemente lo hace un carácter no apto para establecer relaciones filogenéticas. Una característica que podría considerarse útil para establecer relaciones filogenéticas es la presencia de tricomas glandulares en la epidermis externa. De acuerdo con Andrés (2001), los tricomas de peciolo han sido determinantes para establecer grupos o secciones de especies de *Bursera* que los presentan.

El mesocarpo de las especies estudiadas es muy uniforme y no todas las estructuras pueden ser utilizadas como caracteres determinantes de cada especie. Como muestra en el cuadro 5, los caracteres del mesocarpo en donde existe variación entre las especies son la forma, el número y tamaño de los canales de resina así como, la presencia de cristales

prismáticos en *B. submoniliformis* y ausentes en *B. aloexylon*, *B. aptera* y *B. morelensis*.

Estas dos últimas especies de la sección *Bursera* son descritas por Becerril (2003).

Cuadro 5 Comparación de caracteres anatómicos de especies de dos secciones de *Bursera*. Los caracteres que se encuentran en las columnas sombreadas son tomados de Becerril (2003).

| CARÁCTER | | ESPECIES | | | | |
|-----------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | | SECCIÓN <i>BULLOCKIA</i> | | SECCIÓN <i>BURSERIA</i> | | |
| | | <i>B. aloexylon</i> | <i>B. submoniliformis</i> | <i>B. aptera</i> | <i>B. morelensis</i> | |
| Mesocarpo | de Canales | Número/valva | 27±3 | 30±3 | 18±2 | 20±2 |
| | | Forma | Rectangular a ovoide | Ovoide | Elipsoide | Sub-fusiformes |
| | | Tamaño (en micras) | (37 a 40) x (20-25) | (55 a 60) x (18-20) | (30-35) x (20-24) | (75-80) x (20-28) |
| | Pseudo- | Cobertura | <2/3 | >2/3 | Total | Total |
| | | Forma celular | Alargadas radialmente | Isodiamétricas | Isodiamétricas | Isodiamétricas |
| | | Color | Rojizo | Anaranjado | Crema | Amarillo |
| | | Cristales prismáticos | - | + | - | + |
| Endocarpo | Capa 1 | + | + | + | + | |
| | Capa 2 | + | + | + | + | |
| | Capa 3 | + | + | + | - | |
| | Capa 4 | + | - | + | - | |
| | Capa 5 | + | - | - | - | |
| Lóculo | Numero de lóculos | 2 | 2 | 3 | 3 | |
| | Lóculos desarrollados | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | No. de semillas | 1 ó 2 | 1 | 1 | 1 | |
| Embrión | Forma | Globular | Globular | Esférico | Globular | |
| | Ápice | Plano | Plano | Redondo | Plano | |

+ presencia; - ausencia, * con cristales, > muy desarrollada

Esau (1985) define como arilo a una estructura carnosa que rodea y cubre parte de la semilla, se origina por una excrescencia de los tegumentos o el funículo de la semilla. Este estudio expone que la estructura que se forma en el fruto de la sección *Bullockia* no es un arilo verdadero y se le ha llamado pseudo-arilo, debido a que su origen no es propiamente de la semilla sino del endocarpo y se origina por la modificación de células conforme se

desarrolla el fruto, en cuanto a textura y contenido de sustancias. El arreglo celular del pseudo-arilo es diferente en las dos especies, sin embargo, en *B. submoniliformis*, se encontró que el arreglo celular es similar a las especies de la sección *Bursera* aunque mas desarrollado y con menos cobertura al endocarpo (cuadro 5).

De acuerdo con la formación del pseudo-arilo existen varias interpretaciones, mientras Richard (1819), Engler (1931) y Wild (1963) mencionan que el pseudo-arilo no puede clasificarse como una estructura del endocarpo, Esau (1985) establece lo contrario y lo designa como una parte del endocarpo.

Desde el punto de vista evolutivo es factible especular que el pseudo-arilo que cubre mas de 2/3 del endocarpo representa la condición mas primitiva, en cambio el que cubre menos de 2/3 del endocarpo parece ser el mas evolucionado, lo que hace pensar que *B. submoniliformis* es mas primitiva que *B. aloexylon*.

El endocarpo es una estructura en la cual se debe prestar mayor atención, ya que existen diferentes capas celulares que pueden ser consideradas como diagnósticos para establecer relaciones filogenéticas entre especies o taxa (cuadro 6). Los caracteres que se pueden considerar son los siguientes: las capas que integran esta estructura y los tipos celulares, la presencia de células con cristales de diferentes formas dependiendo la especie, aunque se ha reportado que es probable que se trate de un rasgo determinado por el genoma y esto depende del lugar en donde se sitúen las especies (Suárez y Engleman, 1982). Sin embargo, las plantas pueden presentar diferencias constantes en la forma de los cristales y por consiguiente, los cristales tienen a menudo un valor sistemático (Esau, 1985).

A nivel locular, aparte del número de lóculos que ya ha sido tomado en cuenta por otros autores (McVaugh y Rzedowski, 1965; Rzedowski, 1968) con fines taxonómicos, es importante considerar el número de semillas ya que en frutos de *B. submoniliformis* y especies de la sección *Bursera* (Becerril, 2003) siempre se encuentra una semilla desarrollada y en *B. aloexylon* muy a menudo se encuentran dos semillas desarrolladas.

Cuadro 6. Comparación de características anatómicas del fruto de *Bursera aloexylon* y *B. submoniliformis*

| CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS | | | <i>B. aloexylon</i> | <i>B. submoniliformis</i> | |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| PERICARPO | Exocarpo | Epidermis | Tricomas | - | + |
| | | | Cutícula | + | + |
| | | | Arreglo celular | uniestratificada | uniestratificada |
| | | Forma celular | Células largas rectangulares | Células largas rectangulares | |
| | | subepidermis | Tipo celular | Colénquima-Parénquima | Colénquima-Parénquima |
| | | | Arreglo celular | 9-13 estratos. | 8-12 estratos. |
| | Forma celular | | Células pequeñas | Células largas y pequeñas | |
| | Mesocarpo | Canales de resina | No. por valva | 27 | 30 |
| | | | Orientación | Longitudinales | Longitudinales |
| | | | Tipo celular | Células epiteliales | Células epiteliales |
| | | | Forma | Rectangular a Ovoides | Ovoides |
| | | | Tamaño (micras) | (37 a 40) x (20-25) | (55 a 60) x (18-20) |
| | | Pulpa | Tipo celular | Parénquima | Parénquima |
| | | | Arreglo celular | Pluriestratificada | Pluriestratificada |
| | | | Forma celular | Células isodiamétricas | Células isodiamétricas |
| | | Líneas de separación | | Células largas y pequeñas | Células largas y pequeñas |
| | | Arilo | Tipo celular | Parénquima | Parénquima |
| | | | Arreglo celular | Pluriestratificada | Pluriestratificada |
| | Forma celular | | Células alargadas radialmente | Células grandes isodiamétricas | |
| | Endocarpo | Capa 1 | 2-3 estratos celulares | pluriestratificada | |
| Capa 2 | | Uniestratificada con cristales | Uniestratificada con cristales | | |
| Capa 3 | | pluriestratificada | pluriestratificada | | |
| Capa 4 | | uniestratificada | - | | |
| Capa 5 | | pluriestratificada | - | | |
| Lóculo | Número de lóculos | | 2 | 2 | |
| | Número de lóculos viables | | 1 | 1 | |
| | No. de semillas | | 2 ó 1 | 1 | |
| Embrión | # de embriones | Uno o dos | dos | | |
| | Forma | Globular con ápice aplanado | Globular con ápice aplanado | | |
| | Suspensor | + | + | | |

+ presentes; - ausentes

CONCLUSIONES

Existen características morfológicas tales como los tipos de tricomas, la forma de la semilla, la cobertura y coloración del pseudo-arilo, que diferencian a las dos especies de *Bullockia*. Esta variación hace pensar que la descripción morfológica del fruto puede ser adoptada como un complejo de caracteres potencialmente útiles en la taxonomía del género y puede diagnosticar relaciones filogenéticas entre taxa.

De acuerdo con la naturaleza de los frutos, la técnica de tinción recomendada en la literatura por Johansen en 1940 fue modificada en los tiempos de tinción, lo cual permitió realizar un estudio anatómico detallado.

Se detectaron diferencias importantes en la anatomía del fruto. Éstas radican en el tipo de tricomas, la forma, tamaño y cantidad de canales de resina, la forma celular del pseudo-arilo, el número de capas del endocarpo y la presencia de drusas y/o cristales prismáticos, así como, el número de semillas las cuales pueden ser consideradas como caracteres determinantes de cada especie y muy probablemente sean útiles para apoyar la taxonomía del género *Bursera*.

En este trabajo se ha llamado pseudo-arilo a la estructura que cubre al endocarpo debido a que su origen no depende de la semilla, sino de una modificación de células del endocarpo externo. Sin embargo, es una estructura en la cual se debe prestar mucha atención ya que su arreglo celular, su extensión y color además de tener un significado taxonómico probablemente tienen un sentido evolutivo.

Las especies estudiadas arrojan información sobre la anatomía del fruto, por lo que se recomienda estudiar más especies de *Bursera* para observar si existe variabilidad en alguno de los patrones que aquí se describen y poder confirmar mediante un análisis cladístico si los caracteres propuestos en este trabajo son aptos para establecer relaciones filogenéticas.

La estructura tanto morfológica como anatómica dependió fundamentalmente del estado de madurez y tamaño del fruto.

LITERATURA CITADA

Un libro es la valiosa sangre de vida de un espíritu maestro

JOHN MILTON

- Andrés, H. A. R. 1997. Análisis de caracteres de plántulas de 11 especies de *Bursera* Jacq ex L. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México. 53 pp.
- Andrés H. A. R. 2001 Analisis y descripción de estructuras foliares de especies del género *Bursera* Jacq. ex L. que se distribuyen en la Cuenca del Río Balsas México. Tesis Maestría (Maestría en Ciencias (Biología Vegetal))-UNAM, Facultad de Ciencias, México 83 pp.
- Andrés H. A. R. y Espinosa D. 2002 Morfología de plántulas de *Bursera* Jacq. Ex L. (Burseraceae) y sus implicaciones filogenéticas *Bol. Soc. Bot.México*. 70: 5-12.
- Aranda, T. F. (ed.) 1996. Plantas que curan. *Guía México Desconocido* No. 29. 72 pp.
- Becerra, J and Lawrence Venable. 1999 Nuclear ribosomal DNA phylogeny and its implications for evolutionary trends in Mexican *Bursera* (Burseraceae) *American Journal of Botany* 86(7): 1047 – 1057.
- Becerra, J. 1997. Insects on plants: macroevolutionary chemical trends in host use. *Science* 276: 253-256.
- Becerra, J. 2003 Evolution of Mexican *Bursera* (Burseraceae) inferred from ITS, ETS and 5S nuclear ribosomal DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 26: 300 – 309.

- Beceril, C. F. 2003. Morfología y anatomía del fruto de dos especies del género *Bursera* Jacq ex L. Sección *Bursera*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México. 45 pp.
- Boyas D. J. C. 1991. Regionalización ecológica del estado de Morelos. En: Medardo T.U. ed. *Primeras jornadas de la investigación en el estado de Morelos*. UAEM. Cuernavaca, Morelos.
- Bullock, A. A. 1936. Contributions to the Flora of Tropical America: xxxvii. Notes on the Mexican species of the genus *Bursera*. *Kew Bull.* : 346-387.
- Bullock, A. A. 1937 Contributions to the Flora of Tropical America: xxxii. *Plantae Hintonianae: IV. Kew Bull.* :447-457.
- Bullock, A. A. 1938. Furter notes on the genus *Bursera*. *Bull. Misc. Inf. Kew.* 163-168.
- Carlquist S. 1988. *Comparative Wood anatomy*. Springer-Verlag. Berlin, 436p.
- Daly D. C. 1991. Studies in Neotropical Burseraceae IV. The unifoliolate species of *Protium* (Burseraceae). *Bol. Mus.* 7:40-48.
- Daly, D. C. 1993. Notes on *Bursera* in South America, including a new species. Studies in Neotropical Burseraceae VII. *Britonia* 45: 240-246.
- Eames, A. J. & L. H. MacDaniels 1947. *An introduction to plant anatomy*, ed. 2ª McGraw-Hill Book Co., Inc., New York & London.
- Engler, A. 1883. Burseraceae. En: A. C. De Candolle (de) *Monographiae Phanerogamarum*. IV. Parisiis, Sumptibus G. Masson, Géniva. 1-169.
- Engler, A. 1931. Burseraceae. En A. Engler & K. Prantl (eds.) *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. ed. 2 19ª:405-456.
- Esau, K. 1985 *Anatomía vegetal* 3ª edición. Edc. Omega pp.779
- Fahn, A. 1978. *Anatomía vegetal*. Blume. Madrid. 643p.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Provincias biogeográficas con base en rasgos morfotectónicos (mapa IV) En: *Atlas Nacional de México Vol. III*. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Font-Quer P. 1993. *Diccionario de botánica*. Barcelona. Edit. Labor.

- García, E. 1978. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen*. 2ª edc. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Garibaldi E. C. 1985. Anatomía de la madera y corteza de dos especies del género *Bursera*. Tesis de Maestro en Ciencias, Especialidad en Botánica. Centro de Botánica, Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México. 105p.
- Gaviño, G., C. Juárez y H. Figueroa 1972. *Técnicas biológicas selectas de laboratorio de campo*. Ed. Limusa. Wiley S.A. México. pp. 232.
- Gillett, J. B. 1980. *Comiphora* (Burseraceae) in South America and its relationships to *Bursera*. *Kew Bull.* 34: 569-587.
- Gillett, J. B. 1991. Burseraceae. In R. M. Polhill (ed.), *Flora of East Africa*. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Gómez-Pompa, A. 1965. la Vegetación de México *Bol. Soc. Bot. Méx.* 76-120.
- Gómez-Vázquez, G. 1983. Wood Anatomy of *Bursera longipes* and *Bursera copallifera*. *IAWA Bulletin n.s.* Vol. 4(4).
- Gomez-Vázquez, G. y M. Engleman 1984. Bark anatomy of *Bursera longipes* (Rose) Standley and *Bursera copallifera* (Sessé & Moc.) Bullock: *IAWA Bulletin n.s.* Vol. 5.
- González, O. S., Sandoval, R. M. O. & F. Santoyo P. 1988. *Conocimiento de la flora medicinal nativa e introducida en el ejido "Paraiso", Distrito de Tuxtepec, Oaxaca*. UAM-Xochimilco.
- Guillaumin, A. 1909 Recherches sur la structure et le development de Burseracées: application a la systématique. *Ann. Sci Nat. Bot.* Serie 9,10: 201-301.
- Guizar N. E. y Sanchez A. 1991. *Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, estado de México, 54p.
- Gutiérrez C., M. 1981. *Las artesanías populares de madera en México*. SARH. México, D. F. 272. pp.

- Hernández-Lozano, Araceli 2001 Arquitectura foliar de 13 especies del género *Bursera* Jacq. Ex L. Tesis de licenciatura Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México. 52 pp.
- Hickey, L. J. 1974. Clasificación de la arquitectura de las hojas de dicotiledóneas. *Nol. Soc. Bot. Argen.* 16: 1-26.
- Hickey, L. J. 1979. A revised classification of the architecture of dicotyledoneous leaves. En Metcalfe, C. R y L. Chalk (eds) *Anatomy of the Dicotyledons*. Oxford University Press, Oxford. Vol. I 25-39.
- INEGI. 1987. *Síntesis geográfica, nomenclátor y anexo cartográfico del estado de Morelos y Guerrero*. INEGI. México.
- Johnson, M. B. 1992. The genero *Bursera* (Burseraceae) in Sonora, Mexico and Arizona, U.S.A. *Desert Plants* 10: 126-144.
- Lam, H. J. 1932. The Burseraceae of the Malay Archipiélago and Peninsula, with annotations concerning extra-Malayan species, especially of *Dacryodes*, *Santiria* y *Canarium*. *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg*, sér 3. 12: 281 – 561.
- Loigier, A. H. 1985. *La flora de la española III*. Ediciones de la Universidad central estatal del este. Vol. IV Serie científica 22. San Pedro de Macurís, R. D.
- Martínez, M. 1990. *Las plantas medicinales de México*. Ed. Botas. México, D. F. 656 pp.
- McVaugh, R.; J. Rzedowski. 1965. Synopsis of the genus *Bursera* L. In western Mexico, with notes on the material of *Bursera* collected by Sesse. Mosiño. *Kew Bull.* 18:317-382.
- Miranda, F. & E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:179-219.
- Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México V. rasgos de la vegetación de la Cuenca del Río Balsas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.* 8: 95 – 114.
- Moreno, N. P. 1987. *Glosario botánico ilustrado*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Edit. E.C.S.A. PP 258.

- Niembro R., A. 1986. *Árboles y arbustos útiles de México*. Limusa. México, D. F. 206 pp.
- Richard, L.-C. 1819 Observations on the structure of fruit and seeds. John Harding, London.
- Rose, J. N. 1911. Family 14. Burseraceae. *North American Flora*. 25: 241-261
- Roth, I y S. Yee. 1991. Okologish-taxonomische untersuchurigen über leitbündeldichte und Leitbündelmuster bei angiospermen-laubblättern. *Bot. Jahrb. Syst.* 113: 7-71
- Rzedowski, J. 1968. Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero (México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, México. 17: 17 – 36.
- Rzedowski, J & H, Kruse. 1979. Algunas tendencias evolutivas en *Bursera* (Burseraceae) *Taxon*. 28(1,2/3): 103.116.
- Rzedowski, J., y F. Guevara-Féfer. 1992. Burseraceae. In J. Rzedowski and G. Calderón de Rzedowski (eds.), *Flora del bajo de regiones adyacentes*. Instituto de Ecología A. C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski, J. 1994. *Vegetación de México*. ed. Limusa pp. 431.
- Sass, J. E. 1961. *Botanical microtechnique*. 3a ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. U.S.A.
- Standley, P. C. 1923. Trees and Shrubs of Mexico. *Contr. U. S. Nat. Herb.* 23(3):542-552.
- Suárez, R.G. y Engleman E.M. 1982. Estudio de los canales resiníferos de la corteza de *Bursera copallifera* y *Bursera grandifolia*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 42:41-54.
- Terrazas-Salgado, T. 1994. Wood anatomy of the Anacardiaceae: ecological and phylogenetic interpretation. Ph.D. dissertation, University of North Carolina, Chapel Hill, NC.
- Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 14(81)

- Toledo, V. M., y M. J. Ordoñez. 1993. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. in T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, y J. Fa, editores, *Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución*. México: Instituto de Biología, UNAM. Pag 739-758
- Toledo-Manzur. C. A. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en Guerrero (México). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. pp.182.
- Torrico, P. F. A. 1991. Caracterización de la flora aprovechable en la región de Ochoapa, municipio de Tecoaapa, Estado de Guerrero. UAM-Xochimilco. 60 pp.
- Webber, I 1941. Systematic anatomy of the woods of the Burseraceae. *Lilloa* 6: 441-466.
- Wild, H. 1963. Burseraceae. En A. W. Exell, A. Fernandez & H. Wild (eds.) *Flora zambesiaca* London. 2/1: 263-285

ANEXO

**ESPECIES DE LAS QUE SE RECOLECTARON FRUTOS PARA EL ESTUDIO
MORFO-ANATOMICO.**

| <i>Bursera aloexylon</i> | <i>Bursera submoniliformis</i> |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Morelos: Mpio. de Tlaquiltenango, 0.5 Km. sobre el camino de Valle de Vázquez a Quilamula, 18° 30' 33.7" N 99° 05' 5.3" W, 928 msnm Cornejo, Montaña, Becerril, Espinosa, R 1 (FEZA). | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Morelos: Mpio de Jojutla, a 5 Km. Sobre el camino de Higuierón a Pueblo Viejo, 18° 31' 18.8" N 99° 11' 31.1" 818 msnm. Cornejo, Montaña, Becerril, Espinosa, R 12 (FEZA). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Morelos: Mpio. de Tlaquiltenango, 0.7 Km. sobre el camino de Valle de Vázquez a Quilamula, 18° 30' 33.7" N 99° 05' 5.3" W, 928 msnm Cornejo, Montaña, Becerril, Espinosa, R 2 (FEZA). | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Morelos: Mpio de Jojutla, a 5 Km. Sobre el camino de Higuierón a Pueblo Viejo, 18° 31' 18.8" N 99° 11' 31.1" 818 msnm. Cornejo, Montaña, Becerril, Espinosa, R 15 (FEZA). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Chilpancingo Gro: 5.5 Km. Sobre el camino de casa verde a Xochipala Cornejo, Montaña, Becerril, Espinosa, R 4 (FEZA). | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Morelos: Mpio de Jojutla, a 5 Km. Sobre el camino de Higuierón a Pueblo Viejo, 18° 31' 18.8" N 99° 11' 31.1" 818 msnm. Cornejo, Montaña, Becerril, Espinosa, R 20 (FEZA). |