



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

"ZARAGOZA"

Morfología y Anatomía del fruto del género *Bursera*
Jacq. ex L. (Burseraceae)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

MAESTRO EN CIENCIAS (SISTEMATICA)

P R E S E N T A :

FLORENCIA BECERRIL CRUZ

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

Adscripción: Carrera de Biología, FES Zaragoza, UNAM.

MÉXICO, D.F. 2009





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM la oportunidad para fortalecer mis conocimientos y mi formación profesional a través de la Maestría en Ciencias Biológicas (Orientación: Sistemática).
- ❖ A CONACYT (No. de registro: 192973) por el apoyo otorgado que me permitió dedicarle tiempo completo a mis estudios.
- ❖ Al proyecto de investigación BS001 CONABIO-PRBC: Taxonomía y prospección del hábitat de las poblaciones de *Bursera* sect. *Bullockia*, con especial énfasis en las especies afines al lináloe, *Bursera aloexilon* (Schiede ex Schlecht.) Engl. Por el financiamiento para realizar el trabajo de campo y procesamiento de material Biológico.
- ❖ A la M. en C. Estela Sandoval y a sus colaboradores del Laboratorio de Apoyo a la Investigación en el Jardín Botánico del Instituto de Biología por permitirme realizar toda mi fase de laboratorio.
- ❖ A la Dra. Alejandrina Ávila y a la Dra. Patricia Velasco por su apoyo en equipo fotográfico para la toma de algunas fotografías.
- ❖ A la Dra. Teresa Terrazas por sus aportaciones científicas y en especial por su paciencia para el enriquecimiento de este trabajo.
- ❖ Agradezco muy en especial al M. en C. David Espinosa Organista, por creer en mí, por brindarme sus conocimientos y sobre todo por ofrecerme su amistad.

Agradezco a los miembros del Comité Tutoral y del Jurado sus comentarios que fueron de gran utilidad:

- DRA. MARIA PATRICIA VELASCO DE LEON
- DRA. AGUSTINA ROSA ANDRÉS HERNÁNDEZ
- M. en C. DAVID NAHUM ESPINOSA ORGANISTA
- DRA. BEATRIZ MARGARITA LUDLOW WIECHERS
- DRA. TERESA TERRAZAS SALGADO

A mi madre:



María Luisa Cruz Barrientos

Quede en deuda contigo, pero espero enmendarlo con este logro...



Este logro está dedicado especialmente a toda mi familia, comenzando por mis hermanos, padre, marido y terminando con el ser que vendrá al mundo...

A todos y cada uno de mis profesores, amigos y compañeros académicos que han aportado a mi crecimiento profesional...



INDICE GENERAL

RESUMEN.....	2
I. INTRODUCCION.....	3
II. ANTECEDENTES.....	8
- Generalidades de la familia Burseraceae.....	8
- Género <i>Bursera</i> Jacq. ex L.....	9
III.EVOLUCIÓN.....	12
- Importancia económica.....	12
- Manejo del recurso.....	13
IV.TAXONOMIA Y FILOGENIA.....	14
V. JUSTIFICACIÓN.....	19
- Objetivos.....	20
VI.AREA DE ESTUDIO.....	20
VII. MATERIAL Y METODO.....	22
- ETAPA UNO (Elección de sitios y recolecta de material biológico).....	23
- ETAPA DOS (Trabajo de laboratorio).....	23
- ETAPA TRES (Observación e interpretación).....	25
VIII. RESULTADOS.....	26
A) MORFOLOGÍA.....	26
B) MORFOLOGÍA DEL PSEUDOARILO Y LINEAS DE DEHISCENCIA.....	30
C) ANATOMÍA DEL FRUTO.....	32
IX.DISCUSIÓN.....	49
A) MORFOLOGÍA.....	49
B) ¿PSEUDOARILO O ARILO?.....	51
C) ANATOMÍA.....	55
X. CONCLUSIONES.....	60
XI.LITERATURA CITADA.....	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de frutos, según su consistencia, número de carpelos y dehiscencia.....	6
Figura 2. Distribución de la familia Burseraceae.....	9
Figura 3. Distribución geográfica del género <i>Bursera</i>	10
Figura 4. Distribución geográfica del género <i>Bursera</i> en México (elaborado a partir de Rzedowski y Kruse, 1979).....	11
Figura 5. Taxonomía del género <i>Bursera</i>	16
Figura 6. Estructura taxonómica del género <i>Bursera</i> (Becerra, 2003).....	18
Figura 7. Área de estudio.....	21
Figura 8. Diagrama del método de estudio.....	22
Figura 9. Cobertura del pseudoarilo. A) Sección <i>Bursera</i> ; B) Sección <i>Bullockia</i>	30
Figura 10. Sección transversal del fruto de la secc. <i>Bursera</i>	33
Figura 11. Sección transversal del fruto de la secc. <i>Bullockia</i>	33
Figura 12. Anatomía del grupo I (Simaruba).....	35
Figura 13. Anatomía del grupo II (Microphylla).....	37
Figura 14. Anatomía del grupo III (Fragilis).....	39
Figura 15. Anatomía del grupo IV (Fagaroides).....	41
Figura 16. Anatomía del grupo V (Glabrifolia).....	43
Figura 17. Anatomía del grupo VI (Copallifera).....	45
Figura 18. Anatomía del grupo VII (Tecomaca).....	47
Figura 19. Origen del pseudoarilo en <i>Bursera</i>	52
Figura 20. Representación esquemática de los tipos de pseudoarilo de <i>Commiphora</i> . Modificado de Wild (1959).....	54

INDICE DE CUADROS

Pagina

Cuadro 1. Caracteres morfológicos del género <i>Bursera</i>	15
Cuadro 2. Características morfológicas del fruto de <i>Bursera</i>	29
Cuadro 3. Características morfológicas del género <i>Bursera</i> que apoyan su clasificación.....	50
Cuadro 4. Caracteres y estados de carácter en el fruto de <i>Bursera</i>	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de las especies estudiadas (Becerra, 2005).....	24
Tabla 2. Caracteres anatómicos del fruto del género <i>Bursera</i>	25
Tabla 3. Características del pseudoarilo.....	31
Tabla 4. Características anatómicas observadas en el exocarpo, mesocarpo y endocarpo del fruto de <i>Bursera</i>	48

RESUMEN

La estructura taxonómica de *Bursera* y Burseraceae ha estado basada en caracteres de fruto. Sin embargo, un estudio comparativo del fruto como un complejo de caracteres anatómicos aun está por realizarse. Para contribuir con el conocimiento taxonómico de *Bursera*, se realizó un estudio morfológico y anatómico comparativo del fruto de sus especies. Para describir la anatomía de los frutos, se recolectaron frutos inmaduros y maduros sanos para la morfología en localidades de la depresión del balsas, costa del Pacífico y del Valle de Tehuacan- Cuicatlán. Las muestras se fijaron en FAA para su preservación. Se realizaron cortes transversales de los frutos inmaduros en micrótopo de rotación para describir la anatomía. Las laminillas de los frutos fueron deshidratadas con alcoholes graduales, después se tiñeron con safranina alcohólica y verde rápido, después se aclararon con xilol y finalmente se montaron en entellan para su observación y conservación. Para el estudio morfológico, se observaron frutos maduros en un estereoscopio y se describieron caracteres como: la forma, simetría y suturas del fruto, cobertura y color del pseudoarilo, número de lóculos y valvas, presencia de tricomas y ornamentaciones. Las diferencias anatómicas observadas en frutos inmaduros fueron: Tipo de epidermis, cutícula, colénquima, contenidos celulares y células epidérmicas adyacentes, tales como tricomas y estomas. La presencia de cristales en el exocarpo fue observada con mayor frecuencia en especies de la sección *Bursera*. En el mesocarpo se observaron diferencias en la forma de los canales resiníferos, haces vasculares, así como el arreglo celular que forma el pseudoarilo y la presencia de cristales en algunas especies. El endocarpo es una estructura que presentó diferencias sustantivas en el número de zonas celulares que lo conforman. La presencia de cristales en la sección *Bullockia* es mucho más marcada que en la sección *Bursera*. El arreglo celular de la última zona del endocarpo en todas las especies de *Bursera* es de forma irregular y de células con paredes que tienden a engrosar. Las características anatómicas del fruto en el exocarpo, mesocarpo y endocarpo de *B. tecomaca* no difieren a las encontradas en el grupo *glabrifolia* propuesto por Becerra (2003).

I- INTRODUCCION

El fruto puede definirse como un órgano constituido por uno o múltiples ovarios maduros, junto con cualquier otra estructura accesoria estrechamente asociada a los mismos, y que encierran las semillas ya completamente formadas (Gaertner 1788). En sentido estrictamente botánico el término 'fruto' no siempre coincide con la aceptación popular de la palabra. Para el común de la gente, el 'fruto' de una planta es la parte aprovechable de ésta o bien los ovarios maduros que son dulces y más o menos carnosos. El concepto botánico de fruto se refiere a cualquier clase de ovario maduro, en el que están formadas las semillas, e incluye diversas estructuras como vainas de fríjol, calabazas, pepinos, tomates, granos (arroz, maíz, trigo). El hecho de que todos ellos sean ovarios maduros indica que todos estos son frutos.

En condiciones naturales, el fruto suele formarse una vez que ha tenido lugar la fecundación del óvulo, pero en muchas plantas, casi siempre variedades cultivadas, como los cítricos sin semilla, la uva, el banano y el pepino, el fruto madura sin necesidad de fecundación; este fenómeno se llama partenocarpia. En cualquier caso, la maduración del ovario provoca el marchitamiento de los estigmas y las anteras y el agrandamiento del propio ovario (o de los ovarios, si la flor tiene más de uno). Los óvulos presentes en el interior de los ovarios fecundados se desarrollan y forman las semillas. En las variedades partenocárpicas éstas no se desarrollan, y los óvulos mantienen el tamaño original. La principal función del fruto es proteger las semillas durante su desarrollo; en muchas plantas también favorecen su dispersión.

Estructura del fruto

Al madurar, las paredes del ovario se desarrollan y forman el pericarpio, constituido por tres capas: La más externa o epicarpio suele ser una simple película epidérmica lisa como el caso de la uva; con pelo como en el durazno, o recubierto de cera, como en la ciruela. Proviene de la capa externa del ovario, originada por la epidermis inferior de la hoja carpelar. El grosor de la capa media o mesocarpio y de la interna o endocarpio es muy variable, pero dentro de un mismo tipo de fruto, una de las capas puede ser gruesa y las

otras delgadas. En los frutos carnosos, la pulpa suele corresponder al mesocarpio, como ocurre en el durazno y la uva o seco y esponjoso como la naranja. El mesocarpio proviene de la capa media del ovario, originada por el mesófilo de la hoja carpelar, el en caso del endocarpio proviene de la capa interna del ovario, originada por la epidermis superior de la hoja carpelar. La semilla o las semillas, dispuestas dentro del pericarpio, constituyen en ciertos casos la totalidad de la porción comestible del fruto. Así, en el coco, la cáscara dura exterior es el pericarpio, y la parte comestible interior, es la semilla.

Clasificación de los frutos

Para la adecuada clasificación de los frutos hay que tener en cuenta muchas características. No obstante, es posible tener una buena aproximación a los distintos tipos de frutos observando: el número de carpelos, la consistencia y la dehiscencia.

❖ Número de carpelos que forman el fruto:

Los frutos que derivan de una flor con un sólo carpelo, monocarpelar se denominan *monocárpicos* (ej. ciruela, durazno, chaucha, etc.). Si por el contrario derivan de una flor con ovario pluricarpelar, tenemos dos posibilidades:

- Que los carpelos estén unidos (formando un único ovario -que proviene de un gineceo gamocarpelar-): frutos *policárpicos* (ej. uva, tomate, naranja, kiwi).
- Que los carpelos están separados entre sí, (por lo tanto la flor tiene varios ovarios independientes -el gineceo es dialicarpelar-): frutos *múltiples* (ej. frutilla, magnolia, mora, etc.). El mejor ejemplo para visualizar esto es la mora o la frambuesa. Hasta ahora se ha hablado de frutos que están originados de una única flor pero, en algunos casos, las plantas tienen flores dispuestas en una vara, unas muy cerca de las otras. Este conjunto de flores se denomina inflorescencia. El ovario dentro de cada flor dará un fruto, también unido a la vara o eje central, por lo que a todo el conjunto se lo conoce como *infrutescencia* o *fruto compuesto* (ej. higo, ananá).

❖ **Consistencia del fruto:**

Hay frutos cuyos pericarpios se mantienen delgados, a estos frutos se les llama *secos*, en cambio hay otros frutos cuyos pericarpios acumulan sustancias alimenticias, a estos se les denomina *carnosos*.

❖ **Dehiscencia del fruto:**

Hay algunos frutos que al madurar permanecen cerrados y sus semillas quedan en el interior, estos son los frutos *indehiscentes* (ej. manzana, durazno, roble, arce, etc.). En estos casos, para que las semillas se liberen del interior del fruto y alcancen la tierra para poder germinar, éste debe caer al suelo y pudrirse o bien, si es un fruto carnoso, podrá ser ingerido por algún animal y las semillas pasarán por su tubo digestivo y serán eliminadas con las heces.

Otros frutos, en cambio, se abren espontáneamente y expulsan las semillas al madurar: son los frutos *dehiscentes* (ej. arveja, poroto, etc.). Normalmente, los frutos se abren por los lugares donde se soldaron los carpelos. Esta dehiscencia puede ser de varias formas: *longitudinal*, cuando se abre a lo largo del carpelo como en las chauchas; *transversal*, cuando se abre como una caja sacándole su tapa, como en el eucalipto; o *porcida*, cuando las semillas salen por pequeños agujeros o poros como en el caso de la amapola. La dispersión de las semillas (es decir, que tan lejos germinarán de la planta "madre") depende de factores como que tan lejos fueron expulsadas del fruto y de la acción del viento y el agua que pueden ayudar a transportar las semillas.

A continuación, en la figura 1 se muestra una clasificación de frutos, utilizando el conjunto de atributos que se mencionaron y algunos otros un poco más complejos:

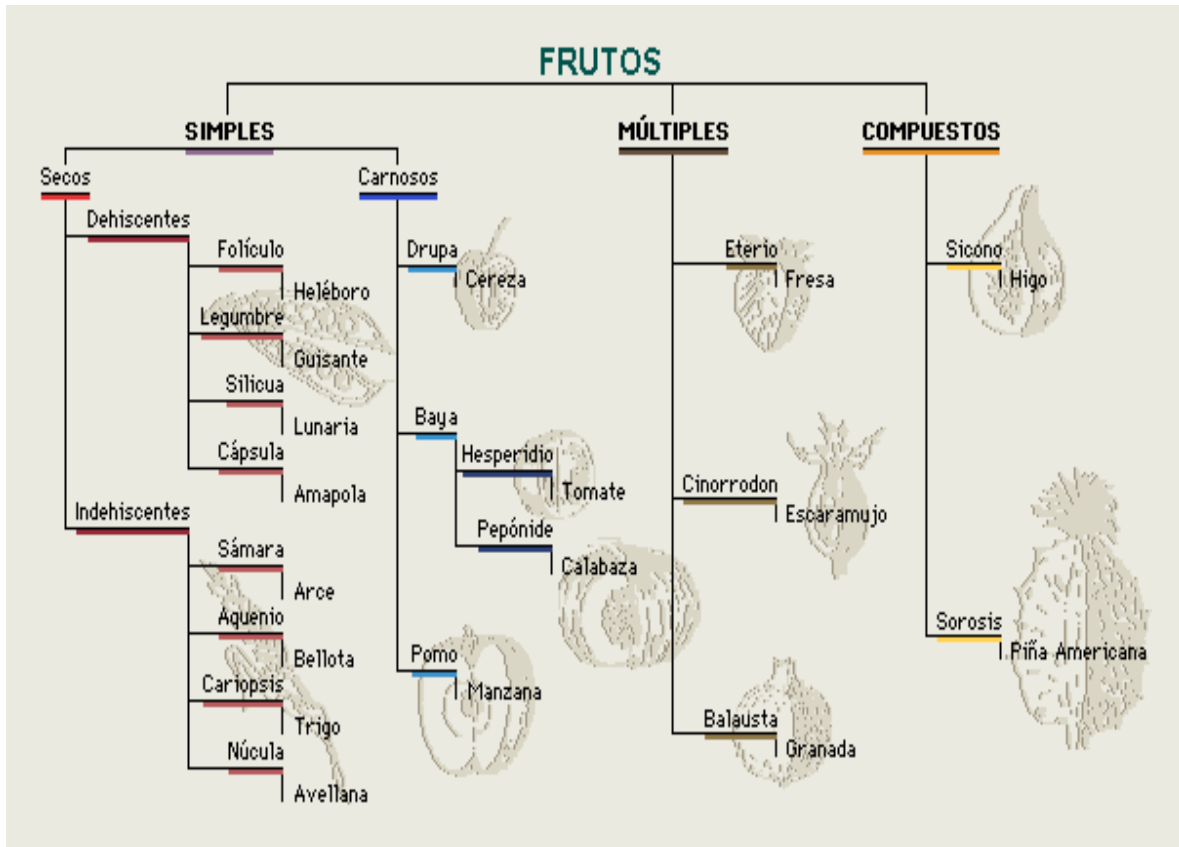


Figura 1. Tipos de frutos, según su consistencia, número de carpelos y dehiscencia.

Cuando el fruto se desarrolla de una flor completa se define como una “flor en estado de maduración de la semilla” (Knoll, 1939). Una flor completa está constituida por los carpelos, el receptáculo, sépalos, pétalos, estambres, pedúnculo y brácteas. En una definición más general, Winkler (1944) considera al fruto como “un gineceo maduro” incluyendo las partes del receptáculo floral dentro de este concepto.

La clasificación de los frutos ha sido un problema sin resolver aun, diferentes caracteres como la estructura del ovario, el número de carpelos y semillas, la morfología y anatomía del fruto, la dispersión de frutos y semillas, la dehiscencia o indehiscencia y la consistencia del pericarpo han confundido aun más este concepto. Varios autores han clasificado a los frutos de varias maneras que difieren considerablemente entre sí, por lo que Roth (1977) considera que algunos caracteres que se deben de tomar en cuenta para establecer un “Sistema natural del fruto” serían: (1) el arreglo de los carpelos en forma de espiral o

cíclica, (2) el grado de fusión de los carpelos, (3) el tipo de placentación, (4) la participación del tubo floral en la formación del fruto, (5) el número de semillas, (6) la dehiscencia de los frutos, (7) hendiduras de los frutos en mericarpos, (8) consistencia del pericarpo y (9) la participación de partes accesorias del fruto.

❖ **Tipo de fruto en *Bursera*:**

Si el ovario madura como pericarpo provisto de endocarpo duro y mesocarpo carnoso, el fruto se llama drupa. Un fruto drupáceo se compone de tres partes: un exocarpo delgado o piel, un mesocarpo carnoso y un endocarpo duro, características que presenta el fruto de *Bursera*, a diferencia que en el mesocarpo se encuentran canales resiníferos acompañados de haces vasculares.

La familia Anacardiaceae es considerada como la familia hermana de Burseraceae y está formada por cinco tribus: Anacardieae, Spondiadeae, Rhoeeae, Dobineae, y Semecarpeae. Wannan and Quinn (1990) clasifica al endocarpo de esta familia en tres tipos según el arreglo de las esclereidas:

Tipo A: En donde el endocarpo consiste en cuatro zonas de células y las tres primeras zonas celulares están formadas de esclereidas en empalizada y la zona más externa presenta cristales en su interior.

Tipo B: Endocarpo por dos o tres zonas de células parenquimatosas, no hay zonas de esclereidas en empalizada, pero puede estar la zona celular de cristales.

Tipo C: El endocarpo está compuesto de esclereidas orientadas irregularmente y no se observan o no están las cuatro zonas celulares ni el arreglo en empalizada de las esclereidas.

El fruto ha sido adoptado como un complejo de caracteres que sustenta la estructura taxonómica de las Burseraceae. Marchand (1868) distinguió tres tribus en Burseraceae: Protiae que contiene a los géneros cuyas especies tienen los pirenos libres, Burserae, a los que presentan frutos con pirenos unidos o fusionados pero distinguibles y aun separables, mientras que en Canariae se agrupan a aquellas especies con fruto cuyos pirenos se han fusionado completamente.

I- ANTECEDENTES

Generalidades de la familia Burseraceae

Las Burseraceae son conocidas por producir resinas aromáticas de valor económico, medicinal y cultural, como el incienso, la mirra, y el copal (Langenheim, 2003). La familia comprende 18 géneros (cerca de 700 especies) distribuidas en los países tropicales del globo (Fig 2). Ocho géneros están representados en el continente americano, seis de los cuales son endémicos; los otros dos (*Dacryodes* y *Protium*) se extienden también al viejo mundo. Esta familia está dividida en tres tribus: (Canariae, Protiae, y Burserae) cada una de las cuales tiene una distribución pantropical. Burseraceae pertenece al orden Sapindales y es parte de un grupo monofilético de plantas que al florecer tienen un polen tricolpado (Doyle y Hotton, 1991).

Estudios filogenéticos moleculares de Sapindales ponen como familia hermana de Burseraceae a Anacardiaceae, confirmando así la estrecha relación inferida anteriormente a partir de datos morfológicos y anatómicos. Las Burseraceae son morfológicamente distintas de las Anacardiaceae por la presencia de resina con fragancias no alergénicas (vs a veces alergénicas), con hojas dispuestas helicoidalmente, generalmente agrupadas en los extremos de las ramas, imparipinnadas, con o sin estípulas. Flores agrupadas en panículas y en los finales de las ramas, son pequeñas y normalmente unisexuales, en plantas separadas con perianto de 3-5 segmentos. Sépalos unidos y pétalos normalmente libres. Estambres en igual o doble número de pétalos (Weeks *et al.*, 2003).

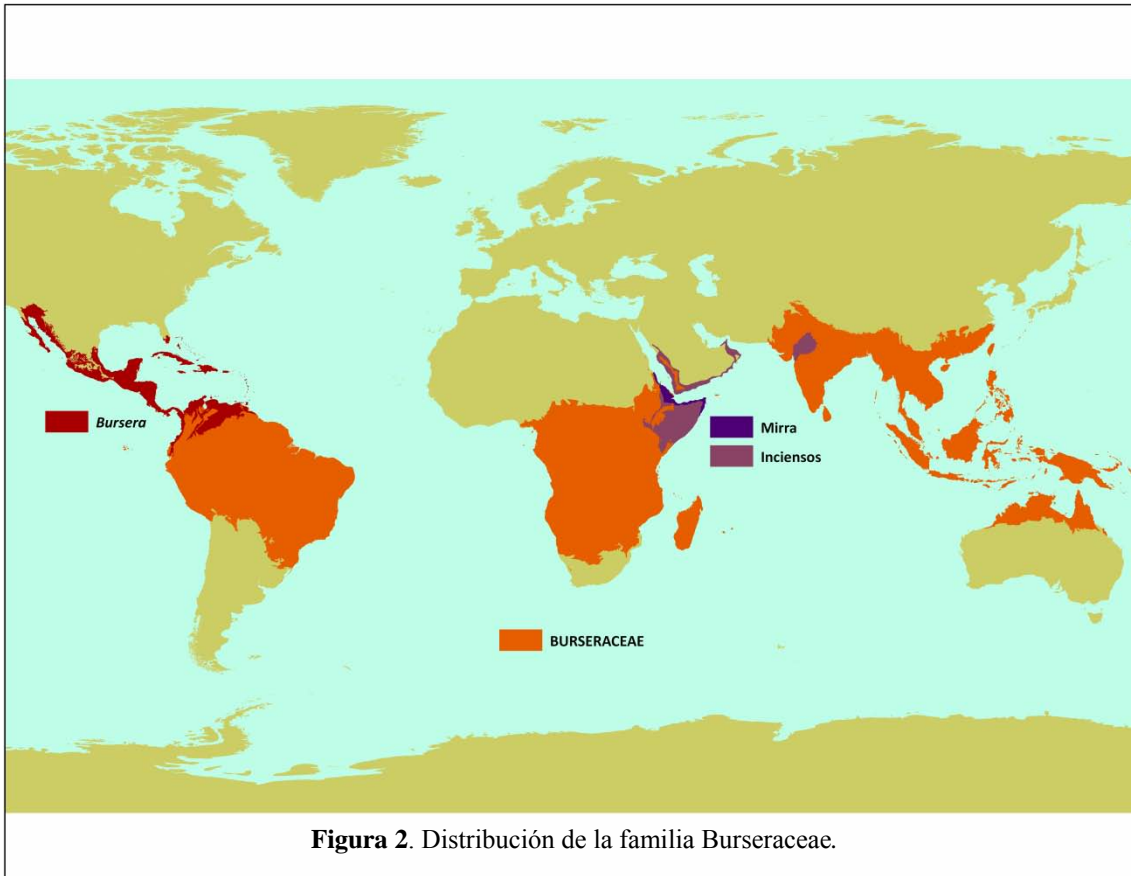


Figura 2. Distribución de la familia Burseraceae.

Género *Bursera* Jacq. ex. L.

El género *Bursera* Jacq. ex. L. tiene una distribución pantropical (Rzedowski y Kruse, 1979; Daly, 1993) y está constituido por alrededor de 100 especies. De ellas, cerca del 80% de especies son endémicas a México. Este género se distribuye desde el suroeste de los EEUU hasta el norte de Sudamérica y también en los archipiélagos de las Antillas, Galápagos y Revillagigedo (Rzedowski y Kruse, 1979; Daly 1993) (Figura 3) y parece haber una disyunción en el extremo noreste de Brasil, aunque la especie de tal área probablemente pertenece al género *Comiphora* (Gillett, 1980).

Las relaciones florísticas entre México y África no han sido todavía suficientemente analizadas, pero sin duda son más importantes de lo que indica un examen superficial. Las especies de *Bursera* son elementos importantes en comunidades clímax de selva baja caducifolia y suelen ser abundantes en condiciones climáticas con amplios períodos de

sequía, distribuyéndose preferentemente en suelos someros de cerros con laderas de gran pendiente (Rzedowski y Kruse, 1979; Toledo–Manzur, 1982).

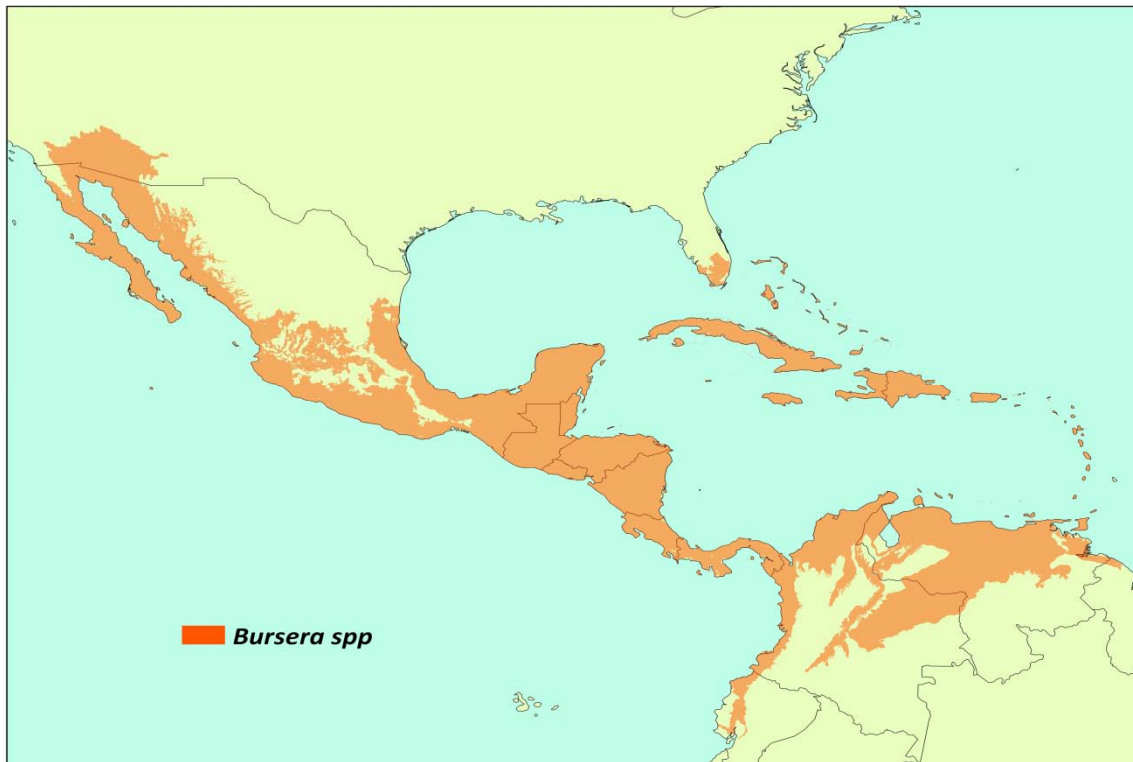


Figura 3. Distribución geográfica del género *Bursera*.

Así, el género *Bursera*, tan importante en la flora de la vertiente pacífica de este país, con toda probabilidad es de ascendencia gondwanica, pues ahí se concentran los grupos que le son afines, a mencionar, *Aucoumea*, *Boswellia* y *Commiphora*. Lo más interesante del caso es que la distribución geográfica actual de *Bursera* (sur de Estados Unidos a las Guayanas y Perú), aunada a los restos fósiles conocidos (oeste de estados Unidos e Inglaterra) señala que este linaje gondwaniano aparentemente no llegó aquí por vía de Sudamérica, sino con más probabilidad migró por la ruta de Laurasia, que durante largos periodos del terciario tuvo un clima mucho más cálido que el actual (Rzedowski, 1986).

Bursera es un miembro prominente y característico tanto de la flora como de la vegetación de México. Se trata de un grupo cuyo conocimiento aún deja bastante que desear, pues a su sistemática complicada se une la circunstancia de que la existencia de muchas de sus especies no se ha descubierto o discernido correctamente. Kohlmann y Sánchez-Colón (1984) realizaron un análisis areográfico de los componentes mexicanos del género y con ello marcaron una serie de patrones de repartición de este grupo de plantas, para lo cual se examinó la distribución geográfica de 64 especies de *Bursera* en el territorio mexicano.

Existe una mayor diversificación y concentración de endemismos sobre la vertiente del pacífico y la máxima concentración de especies se presenta en México, en la depresión del Balsas con cerca de 50 especies (Fig. 4) (Toledo–Manzur, 1982).



Figura 4. Distribución geográfica del género *Bursera* en México (elaborado a partir de Rzedowski y Kruse, 1979).

III- EVOLUCION

Rzedowski y Kruse (1979) sugirieron algunas tendencias evolutivas del género y propusieron la existencia de afinidades entre varias de las especies. Ellos señalaron que posiblemente *Bursera* fuese un grupo difilético, con base en la gran diferencia que hay entre sus dos secciones y por la afinidad que existe entre la sección *Bursera* y el género *Boswellia* y entre la sección *Bullockia* y el género *Commiphora*. Gillett (1980), al analizar siete caracteres morfológicos concluye que ambas secciones de *Bursera* en conjunto son completamente distintas de *Commiphora*. Hutchinson (1969) separa el género por la estivación de la corola, la cual es imbricada en *Bursera* y valvada en *Commiphora*, y antes De Candolle (1825) ya había descrito la corola de *Bursera* como valvada y Hooker (1862) como “induplicatum valvata vel rarissime imbricata”. Esta división parece corresponder a dos grandes grupos naturales, a pesar que en algunos casos la separación no es tajante (Rzedowski y Kruse, 1979). En todas las especies reconocidas en el género *Bursera*, es difícil establecer caracteres contundentes que las separen como especies diferentes, lo que trae como consecuencia conocimiento incompleto sobre las relaciones filogenéticas.

El género *Bursera* al igual que el género *Commiphora* presenta una estructura llamada pseudoarilo que cubre parcialmente a la semilla (sección *Bullockia* en *Bursera*).

Importancia económica

Las especies de este género (cerca de cien especies), tienen gran potencial económico y son un recurso aun por explotar. La resina aromática “copal” de diferentes especies de *Bursera* se ha usado como incienso y barniz. El aceite esencial de *B. linanoe* y de especies afines (aceite de lináloe) se ha estado explotando en algunas partes de México y se exportaba como materia prima para la elaboración de perfumes y se usa además como (cerca viva), la madera se utiliza para leña y para la construcción de viviendas rurales (Toledo-Manzur, 1984). Hoy en día se cultiva y se explota en la India (Thulin y Warfa, 1986). En el estado de Oaxaca, se utiliza la especie *B. glabrifolia*, llamada copalillo localmente para la fabricación de figuras de madera conocidas como alebrijes, que son producidos en talleres familiares y vendidos localmente o en tiendas de artesanías en México, Estados Unidos y Canadá (Purata, 1988).

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 (González, *et al.* 1988; Aranda, 1996).

Manejo del recurso

No hay un manejo específico del recurso, por lo que en algunas especies las poblaciones han sufrido una disminución considerable de individuos, y a la fecha no existen programas serios de conservación o de manejo sustentable del recurso, pese a la gran derrama económica que esto acarrearía, a largo plazo, algunos autores han realizado trabajos para la introducción de algunas especies del genero para su uso comercial y restauración ecológica; estos trabajos son:

Valle (1996), describió la estructura genética de poblaciones de *B. cuneata* en tres regiones (Pedregal de San Angel, D.F., Chichinautzin, Morelos y en la Reserva Ecológica de Omiltemi, Guerrero) para discutir sus implicaciones evolutivas y para la conservación, obteniendo que las poblaciones de la especie están aisladas y divergiendo por deriva génica, además de que son diferentes entre ellas.

García (2002), evaluó el efecto del ácido indolbutírico y el tiempo de estratificación en la formación de callos y raíces en estacas de *B. simaruba*. *Gliricidia sepium* y *Omphalea oleífera* colectadas de los Tuxtlas, registrando la formación de callos, raíces, presencia de hojas y sobrevivencia durante seis meses en comparación con *O. oleífera*.

Carvajal (2005), evaluó el efecto del suelo y el diámetro de estacas en el establecimiento de *B. simaruba*. Los resultados indicaron que el factor diámetro de estacas modifico

gradualmente la longitud de ramas por estaca de 51 cm (delgada) a 59 cm (mediana) y 79 cm (gruesa).

Bonfil *et al.* (2007), realizaron un estudio sobre la producción de callos y raíces en estacas de siete especies del género *Bursera* aplicando ácido indolbutírico a diferentes concentraciones.

IV- TAXONOMIA Y FILOGENIA

La taxonomía de este género ha sido abordada desde hace tiempo por varios autores (Engler, 1931; Rose, 1911; Standley, 1923; Bullock, 1936; McVaugh y Rzedowski 1965, Rzedowski y Kruse, 1979; Toledo–Manzur, 1982; Andrés Hernández 1997). Sin embargo, la clasificación de estas plantas es todavía discutida.

Engler (1883) reconoció que dentro del género *Bursera* existen especies con fruto trivalvado y otras con dos valvas, supuso que el fruto bivalvado se deriva de un ovario trilocular donde uno de los lóculos aborta. Bullock (1936) destacó que este carácter separa a dos grupos de especies muy consistentes. Con base en esta diferencia, McVaugh y Rzedowski (1965) y Rzedowski (1968) propusieron dos secciones: *Bursera* sección *Bursera* que incluye todas las especies con tres valvas, mientras que *Bursera* sección *Bullockia* incluye a las de dos valvas, y añadieron otros caracteres para cada sección. *Bursera* sección *Bursera*, comprende a las especies con ovario trilocular, fruto trivalvado, flores trímeras, tetrámeras o pentámeras con corteza exfoliante. A su vez, la sección *Bullockia* incluye especies con ovario bilocular, fruto bivalvado, flores tetrámeras y pentámeras con corteza lisa no exfoliante, presencia de catáfilos bien desarrollados en la sección *Bullockia* y ausentes en la sección *Bursera*. Evidencia a 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: “cuajiotos” para *Bursera* y “copales” para *Bullockia*. Por otra parte, el raquis alado de las hojas y el fruto con pseudoarilo cubriendo sólo parcialmente la semilla han sido señalados como caracteres más frecuentes en *Bullockia* (Rzedowski y Kruse, 1979; Gillett, 1980) (cuadro 1).

CARACTER	SECCIÓN <i>BURSER</i>A	SECCIÓN <i>BULLOCKIA</i>
Corteza	Exfoliante	No exfoliante
Catafilos	Ausentes	Presentes
Flores	3,4,5– meras	4(5)–meras
Ovario	3– locular	2– locular
Fruto	3– valvado	2–valvado

Cuadro 1. Caracteres morfológicos del género *Bursera*.

Las especies del género *Bursera* Jacq ex L. son árboles o arbustos caducifolios, perfectamente dioicos o polígamodioicos, resinosos y frecuentemente aromáticos. La corteza externa es exfoliante rojiza o amarillenta, o bien lisa no exfoliante. Las hojas generalmente están dispuestas en rosetas sobre ramillas del año anterior, o bien alternas o esparcidas sobre ramillas vigorosas jóvenes, sin estípulas. Las rosetas a veces están rodeadas en la época de floración por una o varias series de catáfilos caedizos o persistentes. Las hojas son generalmente imparipinnadas, bipinnadas, trifolioladas o unifolioladas; glabras o pubescentes, con el margen de foliolo entero o aserrado, raquis con o sin alas. Las flores son pequeñas; las funcionalmente femeninas o hermafroditas, son trímeras o tetrámeras, y a veces pentámeras, las masculinas por lo común son tetrámeras o pentámeras y a veces trímeras o hexámeras. El cáliz tiene sépalos libres o fusionados en la parte basal; los lóbulos son generalmente lanceolados, triangulares o lineares. La corola de prefloración es valvada. Los pétalos, en su mayoría, son oblanceolados, oblongos, elípticos o lanceolados, erectos o reflejos en la madurez, blancos, amarillentos o rojizos. Los estambres son dos veces más numerosos que los pétalos. El ovario es bilocular o trilocular. El estilo es cilíndrico o cónico, con estigma bilobulado o trilobulado. Las drupas son dehiscentes, bivalvadas o trivalvadas, con un hueso envuelto por un pseudoarilo carnoso y coloreado que lo cubre totalmente, o bien, lo cubre en la parte inferior y frecuentemente presenta lóbulos en las suturas del hueso pero nunca sobre las caras (Toledo–Manzur, 1982).

Toledo–Manzur (1984) reconoció las dos secciones, además de tres grupos dentro de la sección *Bursera* y dos dentro de la sección *Bullockia*. En la sección *Bursera* se encuentran tanto los Mulatos, o ‘complejo *Bursera simaruba*’ (sensu Daly 1993), como ‘cuajotes rojos’ y ‘cuajotes amarillos’; las especies del complejo *B. simaruba* tienen foliolos enteros, con frecuencia con el ápice acuminado y presentan hojas cotiledonares trilobadas. Los ‘cuajotes’ tienen hojas cotiledonares multilobadas (Toledo–Manzur, 1982) y solo los separa por el color de su corteza. En la sección *Bullockia*, el primer grupo se distingue porque el pseudoarilo cubre las 2/3 partes de la semilla y el cáliz tiene sépalos fusionados, mientras que el segundo grupo presenta un pseudoarilo cubriendo a la semilla en 2/3 partes o más, y el cáliz presenta sépalos libres, los cuales se resumen en la figura 5.

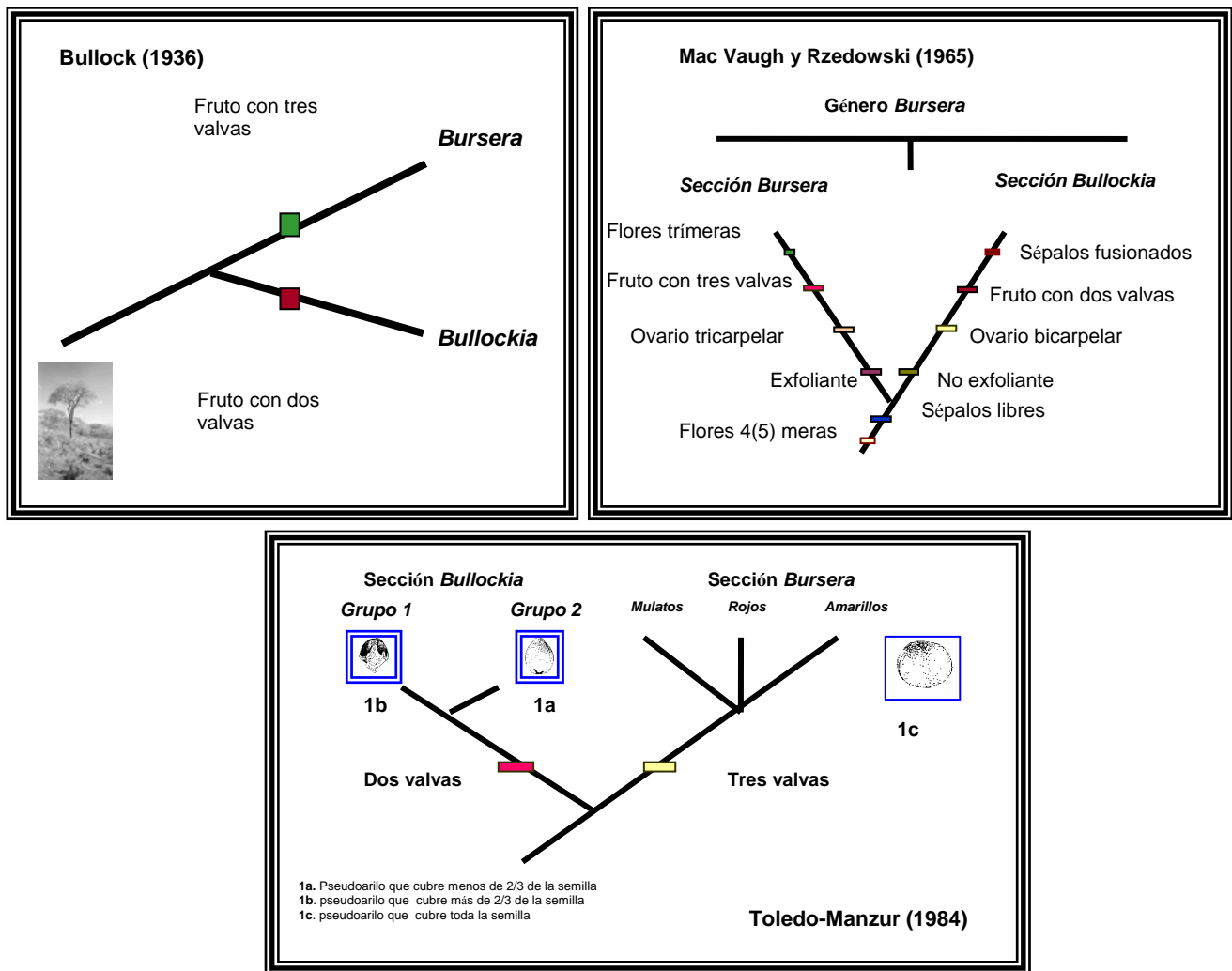
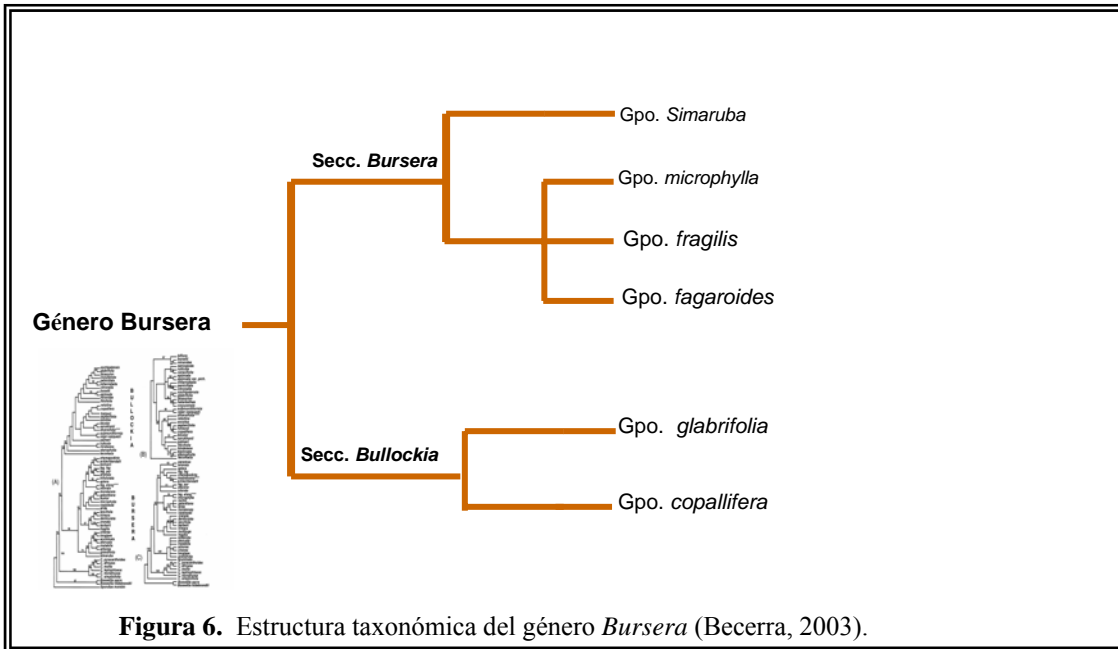


Figura 5. Taxonomía del género *Bursera*.

Estudios sobre morfología de plántulas en el género *Bursera* son escasos, solo se han descrito superficialmente las hojas cotiledonares, mencionando si son trilobadas o multilobadas (Rzedowski y Kruse, 1979; Jonson, 1992; Andrés-Hernandez, 1997). En especies de otros géneros como *Boswellia frereana* Bridwood y *B. sacra* Flückiger, las hojas cotiledonares tienen cinco lóbulos (Thulin y Warfa, 1986), pero han sido descritas como multífidas. La diferencia radica en el patrón de división de los lóbulos principales de las hojas cotiledonares. Andrés Hernández (1997) realizó el análisis de caracteres morfológicos en plántulas de 11 especies del género, encontrando que las especies de *Bursera* sección *Bursera* muestran un tipo de germinación faneroepigeal, raíz axonomorfa con un engrosamiento que comienza en la base de cuello, hipocotilo delgado; para el caso de los “cuajotes”, la forma de la hoja cotiledonar es multilobada y para las especies del complejo simaruba son trilobadas, en tanto que para *Bursera* sección *Bullockia*, se observó germinación faneroepigeal, raíz axomorfa delgada, hipocótilo engrosado lenticelado y las hojas cotiledonares trilobadas. Estos caracteres le dan identidad a cada una de las secciones (Andrés Hernández, 1997), en la arquitectura foliar y la anatomía del pecíolo también se observan caracteres diagnóstico de cada sección (Andrés y Espinosa, 2002).

Becerra (2003) confirmó el carácter monofilético tanto del género *Bursera* como de sus dos secciones, al analizar la filogenia molecular generada mediante técnicas de parsimonia en secuencias de DNA ribosomal. El árbol de consenso muestra cuatro grupos dentro de la sección *Bursera*, tres de ellos quedaron agrupados en lo que Toledo (1982) denominó como ‘cuajotes’: los grupos *B. fragilis*, *B. fagaroides* y *B. microphylla*. Las características que distinguen al grupo de *B. fragilis* son el margen de los folíolos crenado o serrado que difiere del grupo *fagaroides* y *microphylla* porque sus folíolos tienen margen entero (fig. 6). En la sección *Bullockia*, muestra dos grupos: *B. glabrifolia* y *B. copallifera*. La autora propone confirmar estos grupos con caracteres morfológicos de fruto, flor y hoja.



Los estudios anatómicos de madera hechos por Terrazas-Salgado (1994) sugieren que la familia hermana de Burseraceae es la familia Anacardiaceae. Gómez-Vázquez (1983) realizaron estudios anatómicos de madera de dos especies del género, *B. longipes* y *B. copallifera* y la anatomía de corteza se ha descrito para varias especies de *Bursera* (Suárez y Engleman 1982; Gómez-Vázquez y Engleman 1984 y Garibaldi 1985), de las cuales se han descrito 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*.

Los estudios referentes al género *Bursera* se han realizado sobre todo a nivel de estadio adulto sobre caracteres morfológicos como: en corteza, fruto, polen, estructura y número de partes florales, forma y número de los folíolos en las hojas.

V- JUSTIFICACION

A pesar de que el fruto ha sido importante en el análisis de la taxonomía de varios géneros de la familia Burseraceae, los aspectos anatómicos del fruto en el género *Bursera*, aun no han sido suficientemente revisados, por lo que aquí se estudia ese complejo de caracteres en busca de información taxonómica útil para la reconstrucción filogenética del género. Para ello se ha planteado la descripción morfológica y anatómica del fruto como un complejo de caracteres potencialmente útiles en la taxonomía del género. No se pretende hacer énfasis en los caracteres diagnósticos de cada especie, sino en aquellos que sirvan para confirmar la estructura taxonómica del género.

Este trabajo pretende contribuir al conocimiento taxonómico del género a partir de la exploración y descripción de caracteres morfológicos como anatómicos del fruto, evaluando la homología de cada carácter.

El fruto del género *Bursera* no había sido analizado hasta ahora, por lo que se requiere establecer una terminología uniforme. En general los frutos de este género son considerados como drupas que se secan y abren en la madurez, pero hay marcadas diferencias en la naturaleza y origen de las partes frescas y las partes duras en el fruto. Sin embargo, en las drupas típicas de otras familias, todos los pericarpos contienen una zona central que incluye haces vasculares y canales de resina esparcidos en ella, esta zona se define como mesocarpo, y las regiones tanto externa como interna son definidos como exocarpo y endocarpo respectivamente.

OBJETIVOS

- Describir la morfología y anatomía del fruto de las dos secciones del género *Bursera* así como las similitudes entre los caracteres de los grupos informales *sensu* Becerra (2003).
- Contribuir al conocimiento taxonómico del género a partir de caracteres morfológicos y anatómicos del fruto.

VI- AREA DE ESTUDIO

Al sur de la Faja Volcánica Transmexicana (o Eje Neovolcanico), se encuentra la Depresión del Balsas. Esta unidad está constituida por las partes bajas de la Cuenca del Río Balsas y abarca gran parte del estado de Guerrero desde sus límites con Oaxaca, Puebla, Morelos y Estado de México, hasta la desembocadura del Río, en los linderos con el estado de Michoacán. La depresión tiene una orientación E–W y una altitud media de cerca de 1000 msnm; su parte central, por donde corre el río se encuentra a altitudes que van desde más de 800 m en el extremo oriental, hasta cerca de los 200 m, en el occidental. A la altura del meridiano 100 W, la Depresión, sufre un importante estrechamiento provocado por la presencia de la Sierra de Taxco– Teloloapan que la divide así en Depresión Oriental y Depresión Occidental. Este estrechamiento tiene importantes consecuencias para la distribución de algunas especies *de Bursera* (Toledo–Manzur, 1982).

La región considerada en este trabajo es la Vertiente del Pacífico Mexicano que componen estados como Oaxaca, Puebla, Guerrero, Michoacán y Colima y las localidades de recolecta de las especies fueron cerca de los ríos Balsas, Coahuayana, Papagayo, Salado (Valle de Tehuacan – Cuicatlán; como Cuenca alta del Papaloapan) y Tehuantepec (figura 7).



Figura 7. Área de estudio.

VII- MATERIAL Y METODO

El método se divide en tres etapas: La primera es la fase de campo en donde se realiza la recolecta y fijación de los frutos de las especies pertenecientes a este género, distribuidas en México. La segunda etapa es de laboratorio, en la cual se realizaron los cortes, tinción y montaje de las preparaciones de los frutos, y la tercera etapa fue la de observación e interpretación de las preparaciones del fruto de las especies del género *Bursera* (figura. 8)

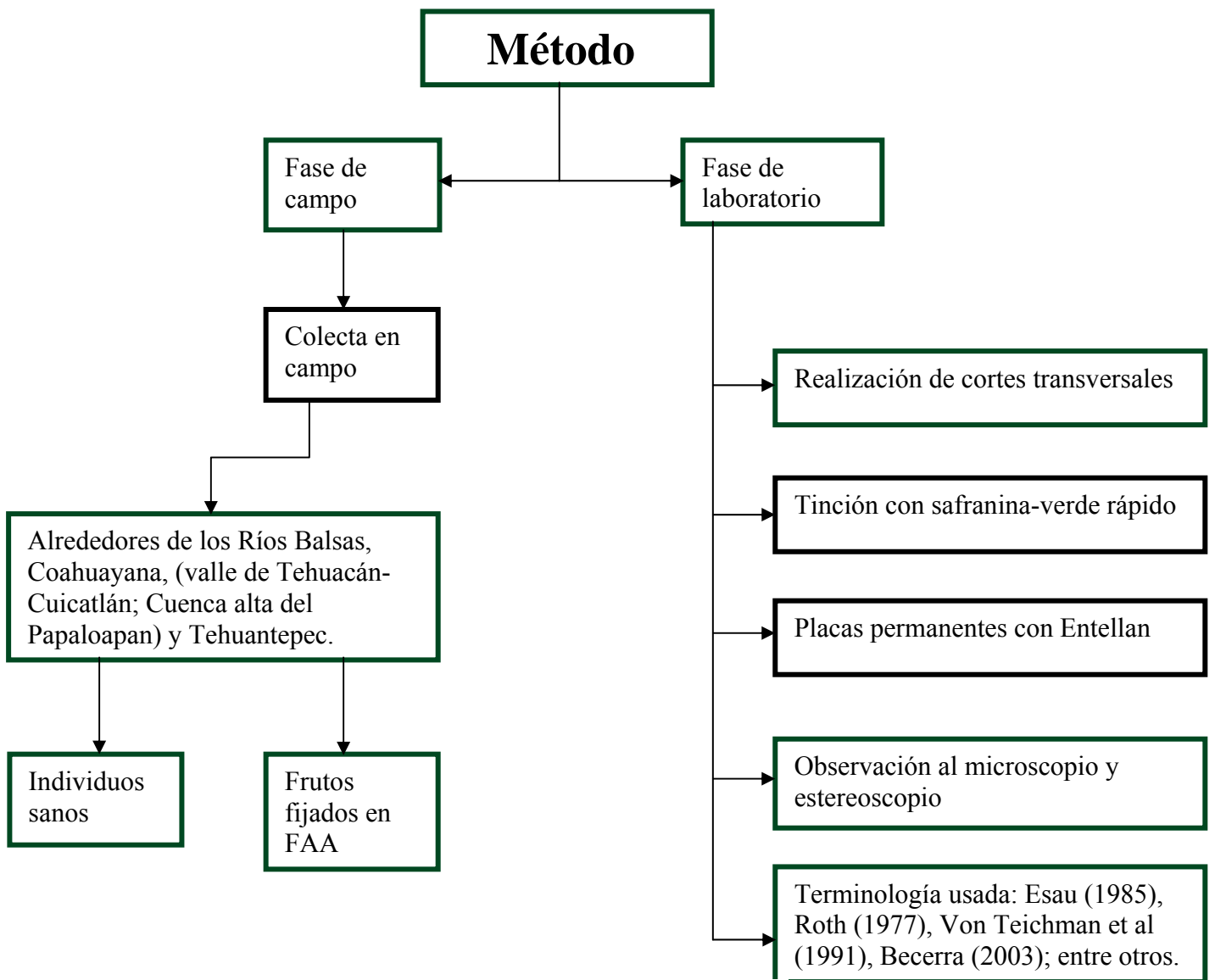


Figura 8. Diagrama del método de estudio

Etapa uno (Elección de sitios y recolecta de material biológico)

Se realizaron recorridos por varias localidades donde se han registrado las especies del género *Bursera* en las diferentes áreas de estudio (Tabla 1). La colecta de los frutos se llevó a cabo de la siguiente manera: a) la colecta de los frutos fue directamente del árbol, b) se tomaron frutos preferentemente inmaduros para describir la anatomía y maduros sanos (se consideraron sanos a los frutos que no presentaban ninguna plaga como hongos o insectos) para la descripción de la morfología, c) se colectó una muestra de treinta frutos de cada árbol y se colectaron (cuando había mas de tres arboles con frutos; sino solamente uno o dos) tres árboles en localidades diferentes de cada especie, teniendo así tres muestras diferentes en la mayoría de cada especie. Las muestras de los frutos fueron fijadas en F.A.A (Gaviño, 1980.) y conservados en frascos de plástico, con una capacidad de 250 ml.

Etapa dos (Trabajo de laboratorio)

Se realizaron cortes de los frutos fijados para poder observar las estructuras anatómicas; algunos de los frutos fueron previamente lavados e incluidos en parafina para poder realizar cortes histológicos (Sandoval, 2005) en forma transversal en la mitad basal del mismo, así como de todo el fruto, mediante un micrótopo rotatorio y con un grosor de 15 y 20 μm . Una vez realizados los cortes (solo se utilizaron cortes completos), se fijaron a las laminillas con grenetina, se tiñeron con safranina alcohólica (Johansen, 1940) durante cinco minutos, se lavaron en agua y después fueron pasados por una serie de alcoholes para deshidratar desde 30% hasta absoluto por dos minutos en cada alcohol, haciendo dos cambios en cada concentración para la eliminación del excedente de colorante y la verificación de la deshidratación del tejido, se contrasto con verde rápido durante un minuto, posteriormente se lavaron de tres a cinco veces con alcohol absoluto por un minuto, se agrego aceite de clavo durante diez minutos, se lavo el aceite de clavo con xilol, realizando tres cambios de un minuto, finalmente fueron montados con Entellan para su observación y conservación.

Tabla 1. Lista de las especies estudiadas (Becerra, 2005)

FBC: Florencia Becerril Cruz; DEO: David Esposa Organista; GMA: Genaro Montaña Arias

GRUPOS	Especies	Número de colecta	Colector	Herbario
Grupo simaruba	<i>B. grandifolia</i>	44, 104	FBC, DEO, GMA	FES Zaragoza
	<i>B. simaruba</i>	70, 231	FBC, DEO, GMA	
	<i>B. arbórea</i>			
	<i>B. longipes</i>	115, 222	Patricia Feria	
Grupo microphylla	<i>B. morelensis</i>	136, 106, 220	GMA Y DEO	FES Zaragoza
Grupo fragilis	<i>B. lancifolia</i>	114, 117, 216	FBC, DEO, GMA	FES Zaragoza
Grupo fagaroides	<i>B. ariensis</i>	215	FBC, DEO, GMA	FES Zaragoza
	<i>B. fagaroides</i> var <i>purpusii</i>	121, 218	FBC, DEO, GMA	
	<i>B. discolor</i>	214	FBC, DEO, GMA	
	<i>B. bolivarii</i>	219	FBC, DEO, GMA	
	<i>B. aptera</i>	130, 134	FBC, DEO, GMA	
	<i>B. schlechtendalii</i>	69, 96, 224	FBC, DEO, GMA	
Grupo glabrifolia	<i>B. citronella</i>	140, 207, 229	GMA Y DEO	FES Zaragoza
	<i>B. coyucensis</i>		Patricia Feria	
	<i>B. linanoe</i>	35, 161, 225	FBC y DEO	
	<i>B. xochipalensis</i>	131, 227	FBC y DEO	
	<i>B. sarcopoda</i>	232	FBC y DEO	
Grupo copallifera	<i>B. copallifera</i>	36, 92	FBC, DEO, GMA FBC, DEO, GMA FBC, DEO, GMA Patricia Feria FBC, DEO, GMA	FES Zaragoza
	<i>B. excelsa</i>	62, 82, 166		
	<i>B. submonilliformis</i>	99, 165		
	<i>B. vejar-vazquezzi</i>	102		
	<i>B. velutina</i>			
	<i>B. bicolor</i>	76, 107, 223		
Grupo tecomaca	<i>B. tecomaca</i>	209, 230	FBC	FES Zaragoza

Etapa tres (Observación e interpretación)

En esta etapa se analizaron las diferencias y similitudes principalmente anatómicas que presentaron los frutos del género, las cuales fueron: ornamentación de la cutícula, la forma de los canales resiníferos, la presencia de cristales, tanto en el exocarpo como en el mesocarpo, el número de estratos celulares del endocarpo, así como la abundancia de haces vasculares en el mesocarpo. La observación de las secciones se llevo a cabo mediante un microscopio óptico, se tomaron fotografías para la morfología del fruto con una cámara digital Nikon COOLPIX995, y las imágenes de los cortes histológicos para la anatomía del fruto fueron tomadas con una cámara digital Nikon. Las imágenes se editaron en computadora con el programa Microsoft Photo Editor.

Con este estudio se pretende confirmar la relevancia de caracteres morfológicos y anatómicos del fruto que puedan tener un significado taxonómico y evolutivo para el género *Bursera*. Para la descripción anatómica del fruto se registraron caracteres del exocarpo, mesocarpo y endocarpo, que se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Caracteres anatómicos del fruto del género *Bursera*

Estructura	Carácter
Exocarpo	Epidermis, cutícula, colénquima, contenidos, células epidérmicas.
Mesocarpo	Parenquima, forma de los canales resiníferos, contenidos (taninos), haces vasculares, presencia de cristales.
Endocarpo	Número de zonas celulares, forma celular, presencia de cristales.
Pseudoarilo	Tipo y arreglo celular, presencia de cristales y drusas.

Los resultados se muestran organizados dentro de los grupos obtenidos por Becerra (2003). Los caracteres fueron estructurados en dos partes: morfología y anatomía. La morfología fue dividida en morfología del fruto y del pseudoarilo. Cabe mencionar que algunos grupos solo están conformados por una especie, pero de acuerdo con la distribución del género en México y nuestra área de estudio, las especies analizadas en los grupos, están distribuidas en forma homogénea. La especie *B. tecomaca* se maneja como grupo VII, ya que en el trabajo de Becerra (2003), lo maneja como una especie separada del grupo glabrifolia.

VIII- RESULTADOS

A) MORFOLOGIA

Los resultados morfológicos se basan principalmente en el tipo de fruto, la forma de la semilla y su tamaño; así como la presencia, color y cobertura del pseudoarilo (Cuadro 2).

Grupo I. Simaruba

B. longipes: Fruto trivalvado, drupa ovoideo-triangular o globosa de 9.1-14.5 mm de largo; 4.7-10 mm de ancho, glabra, obtusa en el ápice, hueso ovoideo- triangular, de 7-9 mm de largo, 6-8 mm de ancho, con el pseudoarilo color crema o amarillo cubriendo en su totalidad al endocarpo.

B. arborea: Fruto trivalvado, drupa globosa trígona, de 6.4-7.0 mm de largo y 5-6 mm de ancho, glabra, ápice obtuso, pseudoarilo amarillo cubriendo en su totalidad al endocarpo.

B. grandifolia: Drupa en forma trígona elipsoidal o globosa, de 7.2 mm de largo y 6-8 mm de ancho, corta y suavemente pilosa o rara vez glabra, endocarpo de alrededor de 8 mm de largo y 6 mm de ancho, pseudoarilo crema cubriendo en su totalidad al endocarpo.

B. simaruba: Fruto trivalvado, drupa en forma trígona-elipsoidal, de 8-11.5 mm de largo y 4.5-7.0 mm de ancho ápice agudo, glabras; endocarpo trígono, de 6-8 mm de largo y 4-6.5 mm de ancho, pseudoarilo crema cubriéndolo en su totalidad.

Grupo II. Microphylla

B. morelensis: Fruto trivalvado, drupa trivalvada, elipsoideo-triangular, ápice agudo a levemente apiculado, y encorcovado, de 5-10 mm de largo y 4.5-6.0 mm de ancho; endocarpo triangular en forma de gajo de 4.2-6.5 mm de largo y 3-4 mm de ancho, pseudoarilo amarillo que lo cubre en su totalidad.

Grupo III. Fragilis

B. lancifolia: Fruto trivalvado, drupa trivalvada, ovoideo-triangular, de 8-12 mm de largo y 5-8 mm de ancho, agudas a ligeramente apiculada, región apical encorvada lateralmente, pseudoarilo amarillo cubriendo en su totalidad al endocarpo.

Grupo IV. Fagaroides

B. bolivarii: Fruto trivalvado, drupa trivalvada obovoide a subglobosa de 9-10 mm de largo y 6-9 mm de ancho, glabras, endocarpo ovoideo-triangular de 7-8 mm de largo y 5-6 mm de diámetro, pseudoarilo color pálido que lo cubre en su totalidad.

B. schlenchtendalii: Fruto trivalvado, drupa trígona, obovoada, solitaria de 5.1-8.5 mm de largo y 4.4-5.4 (7.6) mm de ancho; endocarpo en forma trígona esferoidal u ovoide, de 4-5.2 mm de largo, pseudoarilo de color amarillo o rojo encendido cubriéndolo en su totalidad.

B. aptera: Fruto trivalvado, drupa trivalvada esférico-triangular, de 6.4- 8.0 mm de largo y 5-6.5 mm de ancho ápice redondeado o apiculado, glabras, endocarpo sub-esférico, trígono, de 5-6 mm de largo y 4.5-5.5 mm de ancho, con el pseudoarilo de color crema o rojizo, que lo cubre en su totalidad.

B. ariensis: Fruto trivalvado, drupa esferoidal de 6-8 mm de largo y 5-6 mm de ancho, densamente velutino-pilosa en la juventud, y glabra en la madurez, endocarpo en forma trígona de 3-5 mm de largo y 2-4 mm de ancho, un pseudoarilo de color pálido cubriéndolo en su totalidad.

B. fagaroides; var. *Purpisii*: Fruto trivalvado, drupa trivalvada esférica, de 7-8 (9) mm de largo y 6-8 mm de ancho, ápice acuminado, glabra, pedicelo de hasta 3.5 mm de largo; endocarpo esférico de alrededor de 6 mm de largo y 5.5-6.0 mm de ancho, pseudoarilo color crema cubierto totalmente.

B. discolor: Fruto trivalvado, drupa trivalvada, subglobosa de 4-6 mm de largo, ± , puntiaguda en el ápice, glabra; endocarpo ovoideo- triangular, de 3-4 mm de largo y 2-3 mm de diámetro, pseudoarilo color pálido que lo envuelve completamente.

Grupo V. Glabrifolia:

B. xochipalensis: Fruto bivalvado, drupa bivalvada ovoidea-elipsoidal, de 12-15 mm de largo, apiculada, glabra; endocarpo lenticular, negro, de 5-6 mm de largo cubierto en menos de la mitad por el pseudoarilo color anaranjado.

B. coyucensis: fruto bivalvado, drupa bivalvada elipsoidal a más o menos obovoide, glabra, de 8-9 mm de largo, endocarpo elipsoidal, levemente comprimido, dorso-ventralmente, de más o menos 7 mm de largo, pseudoarilo cupuliforme de más o menos 5 mm de alto de color amarillo-rojizo cubriendo en menos de la mitad.

B. citronella: Fruto bivalvado, drupa bivalvada obovoidea elipsoidal, de 10-13 mm de largo y 8 mm de diámetro, glabra; endocarpo lenticular de más o menos 6 mm de ancho con el pseudoarilo de color rojizo cubriéndole la mitad inferior.

B. linanoe: fruto bivalvado, drupa bivalvada obovoide, algo comprimida, glabra de 9- 11 mm de largo y 8 mm de ancho, endocarpo lenticular de alrededor de 5 mm de largo y 6 mm de ancho, con el pseudoarilo anaranjado, cubriéndole la mitad inferior.

B. sarcopoda. Fruto bivalvado, drupa aplanada, elipsoidal y apiculada, glabra, hasta de 11 mm de largo y 7 mm de ancho, endocarpo subovoide, comprimido, de más o menos 7 mm de largo y 5-6 mm de ancho, pseudoarilo amarillo cubriéndole la mitad inferior.

Grupo VI. Copallifera.

B. copallifera: Fruto bivalvado, drupa bivalvada, elipsoidal, esférica, de (5.2)-7-10 mm de largo y 4-6 mm de ancho, glabras; endocarpo esférico- elipsoidal, de 5.2-7 mm de largo, con el pseudoarilo de color rojizo cubriéndolo en su totalidad o bien dejando una pequeña región desnuda y oscura en el ápice.

B. velutina: Fruto bivalvado, drupa bivalvada, globosa de alrededor de 8-10 mm de largo y 7 mm de ancho, ápice brevemente apiculado, glabras; endocarpo globoso de 6 mm de ancho, pseudoarilo de color rojizo- anaranjado cubriéndolo en su totalidad o bien dejando una pequeña región desnuda.

B. excelsa: Fruto bivalvado, drupa globosa de 8 mm de largo y 6.7-7.7 mm de ancho, glabra, endocarpo comprimido de 6 mm de largo y 5.6 mm de ancho, pseudoarilo crema cubriéndolo en su totalidad.

B. submonilliformis: Fruto bivalvado, drupa bivalvada elipsoidal, de 7.5-12 mm de largo y 5.8-6.5 mm de ancho, blanquecino a verde- crema, ápice agudo o apiculado, endocarpo elipsoidal de 6.1-6.7 mm de largo y 4-5 mm de ancho, pseudoarilo amarillo o anaranjado-pálido cubriéndolo en su totalidad.
















B. vejar-vazquezii: Fruto bivalvado, drupa bivalvada, elipsoidal, de 12-15 mm de largo y (6) 7-10 mm de ancho, ápice cortamente apiculado, glabra o cortamente pubescente; endocarpo elipsoidal de 8-10 mm de largo y 5-6 mm de ancho, pseudoarilo rojo o amarillo cubriéndolo casi totalmente a excepción del ápice.

B. bicolor: Fruto bivalvado, drupa bivalvada elipsoidal de 9.5-13 mm de largo, acuminada muy levemente, glandulosa, endocarpo elipsoidal de 7-8.3 mm de largo con el pseudoarilo rojo cubriéndolo casi totalmente a excepción del ápice.

B. sarukhanii: Fruto bivalvado, drupa bivalvada, esencialmente glabra, obovoide, de 8-10 mm de largo y 5-6 mm de ancho, pseudoarilo rojo-anaranjado cubriendo dos tercios del endocarpo.

Grupo VII. Tecomaca.

B. tecomaca: Fruto bivalvado, drupa bivalvada, elipsoidal de 1.1-1.5cm de largo y 6.5-9.0mm de ancho, glabra; endocarpo de más o menos 9mm de largo, mas o menos 5mm de ancho, con el pseudoarilo anaranjado, cubriéndole solo la parte basal.

MORFOLOGÍA DEL FRUTO						
Caracteres	SECCIÓN <i>BURSERIA</i>		SECCIÓN <i>BULLOCKIA</i>			
			<i>Grupo copallifera</i>		<i>Grupo glabrifolia</i>	
Forma	Trígona		Lenticular		Ovoide	
Suturas	Visibles		Visibles		Poco visibles	
Cobertura del pseudoarilo	Total		<2/3		>2/3	
Núm. Lóculos	Tres		Dos		Dos	
Núm. Valvas	Tres		Dos		Dos	

Cuadro 2. Características morfológicas del fruto de *Bursera*.

B) MORFOLOGIA DEL PSEUDOARILO Y LINEAS DE DEHISCENCIA

Para describir la morfología del pseudoarilo se tomó en cuenta su cobertura sobre la semilla y el color. Los cuatro grupos de la sección *Bursera* presentan un pseudoarilo que cubre completamente a la semilla y que va de un color amarillo pálido a anaranjado (figura 8), mientras que los dos grupos de la sección *Bullockia* presentan un pseudoarilo que cubre solo parcialmente a la semilla: en el grupo Copallifera el pseudoarilo cubre mas de las dos terceras partes de la semilla, en tanto que en las especies del grupo seis, el pseudoarilo cubre menos de las dos terceras partes basales de la semilla (figura 9).

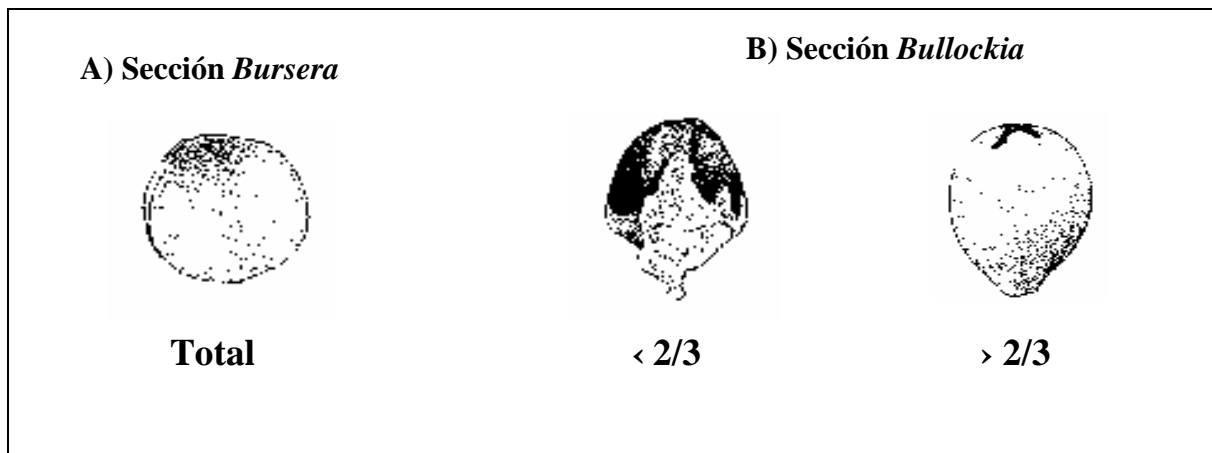


Figura 9. Cobertura del pseudoarilo. A) Sección *Bursera*; B) Sección *Bullockia*.

La línea de dehiscencia en el género *Bursera* a nivel morfológico en las dos secciones se observa desde la base del fruto hasta el ápice, en la mayoría de las especies las valvas son de tamaño desigual. Las líneas son un poco más visibles en la sección *Bursera* que en *Bullockia*. Al madurar el fruto se abren, ya sea en dos o tres valvas (según la sección: dos en *Bullockia* y tres en *Bursera*) sobre las líneas de dehiscencia y la semilla normalmente expone un pseudoarilo que la cubre parcial o totalmente, lo cual es evidente en el fruto maduro (Tabla 3).

La tabla nos muestra que el 50% de nuestras especies analizadas, presentan una cobertura total del pseudoarilo, siendo todas estas de la sección *Bursera*; un 30% presenta una cobertura de más de dos terceras partes (grupo cinco, sección *Bullockia*) y el resto de las especies por menos de un tercio (grupo seis, sección *Bullockia*).

En la sección *Bullockia* el color que predomina es el amarillo-naranja con cerca del 75% de las especies de esa sección y un 25% presenta un color rojo pálido. Mientras que en la sección *Bursera* los colores que predomina son el amarillo pálido y amarillo-naranja con cerca del 80% mientras que el color rojo pálido solo se presenta en un 20% de las especies de esta sección.

Tabla 3. Características del pseudoarilo.

ESPECIE	PORCION TOTAL	PORCION > 2/3	PORCION < 1/3	AMARILLO PALIDO	ROJO PALIDO	AMARILLO-NARANJA
<i>B. longipes</i>	X					X
<i>B. arborea</i>	X					X
<i>B. simaruba</i>	X			X		
<i>B. morelensis</i>	X					X
<i>B. lancifolia</i>	X					X
<i>B. kerberii</i>	X			X		
<i>B. bolivarii</i>	X			X		
<i>B. schlenchtendalii</i>	X				X	X
<i>B. aptera</i>	X				X	X
<i>B. ariensis</i>	X			X		
<i>B. fagaroides var. purpisii</i>	X			X		
<i>B. discolor</i>	X			X		
<i>B. xochipalensis</i>			X			X
<i>B. coyucensis</i>			X		X	X
<i>B. citronella</i>			X		X	
<i>B. linanoe</i>			X			X
<i>B. sarcopoda</i>			X			X
<i>B. copallifera</i>		X			X	
<i>B. velutina</i>		X			X	X
<i>B. submonilliformis</i>		X			X	X
<i>B. vejar-vazquezii</i>		X			X	X
<i>B. bicolor</i>		X			X	
<i>B. sarukhanii</i>		X			X	X
<i>B. tecomaca</i>			X			X

C) ANATOMIA DEL FRUTO

En las especies aquí analizadas, la epidermis está cubierta por una cutícula de espesor variable, los tricomas son simples o glandulares y están presentes en algunas especies. Los estratos hipodermales generalmente son células colenquimatosas, algunas de las cuales contienen cristales en su interior.

En todas las especies estudiadas existe una marcada diferencia entre el exocarpo y el mesocarpo, ya que el tipo celular es diferente. El mesocarpo de las especies de *Bursera* está compuesto de células parenquimatosas; la textura es un poco esponjosa debido a este tejido y a los espacios intercelulares. Existen canales de resina de diferente forma y tamaño en la parte superior del mesocarpo asociados al floema de los haces vasculares colaterales.

Durante el desarrollo del fruto, la zona parenquimatosa donde se encuentran los canales de resina y haces vasculares sufren cambios, algunos de los cuales son el incremento en el número de células y el tamaño de los canales de resina.

El mesocarpo de las especies analizadas está separado de las células del pseudoarilo por una línea de separación que consiste de varios estratos de células pequeñas, nucleadas y de pared delgada. En sección transversal del fruto puede haber dos (sección *Bullockia*) o tres (sección *Bursera*) líneas de separación, las cuales pueden ser observadas en dos o tres polos opuestos, extendiéndose por el mesocarpo y llegan hasta el exocarpo. Las células de las líneas de separación se desintegran en el fruto maduro, causando la separación de las valvas.

El fruto presenta dos lóculos en la sección *Bullockia* y tres en la sección *Bursera* y cada lóculo desarrolla un óvulo. Usualmente solo uno de estos óvulos se desarrolla, este lóculo se amplía mucho más que los otros, aunque se han visto casos de poliembrionía en algunas especies (Figura 10 y 11).

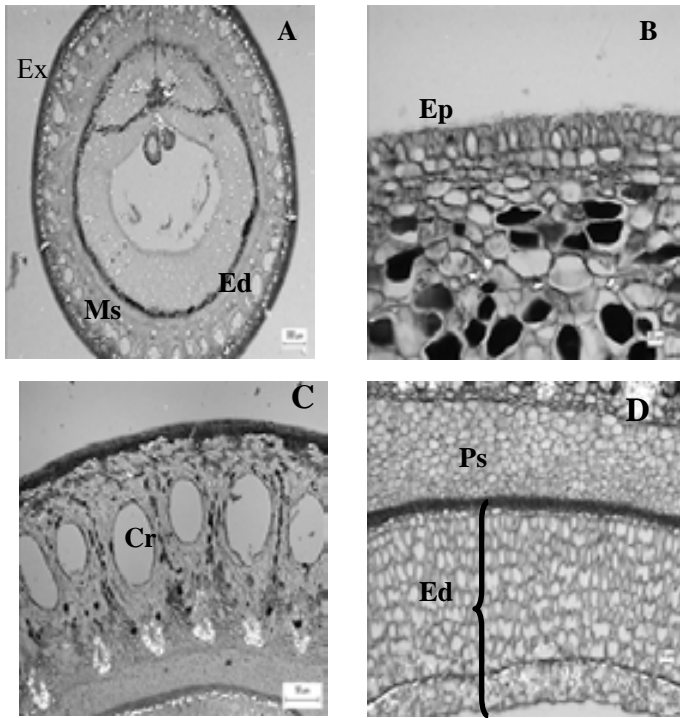


Figura 10. Sección transversal del fruto de la secc. *Bursera*.
 A) Fruto completo; B) exocarpo;
 C) mesocarpo; D) endocarpo.
 Ex= Exocarpo; Ms= Mesocarpo;
 Ed= Endocarpo; Ep= Epidermis;
 Cr= Canal de resina. Ps= pseudoarilo

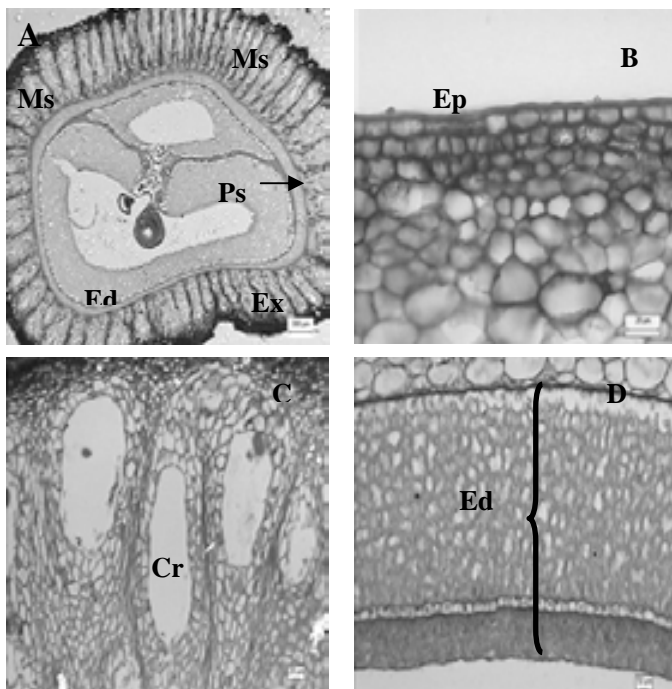


Figura 11. Sección transversal del fruto de la secc. *Bullockia*. A) Fruto completo; B) exocarpo;
 C) mesocarpo; D) endocarpo.
 Ex= Exocarpo; Ms= Mesocarpo;
 Ed= Endocarpo; Ep= Epidermis;
 Cr= Canal de resina; Ps= pseudoarilo.

A continuación se describe la anatomía del fruto de las especies en estudio, describiéndolas por grupos según Becerra (2003).

Grupo I. Simaruba: *B. longipes*, *B. arborea*, *B. grandifolia*, *B. simaruba*

EXOCARPO. La epidermis es simple (Ep) de cutícula gruesa y lisa en todas las especies (figura 12A); con células de forma cuadrada y algunas rectangulares, algunas especies presentan estomas elevados; en *B. arborea* se observan drusas ocluyendo el lumen celular; en *B. grandifolia* y *B. simaruba* hay presencia de tricomas simples, los cuales son largos en *B. grandifolia*; *B. simaruba* presenta algunas células con compuestos (probablemente de aceites fenolicos) en la epidermis. Subyacente a la epidermis se encuentra un colénquima lagunar de hasta seis estratos de células (Figura. 12B).

MESOCARPO. Es principalmente parenquimatoso; en la región más cercana al exocarpo se presentan los canales resiníferos que son de forma ovalada (figura 12C); en *B. arborea*, las células del tejido parenquimatoso están ocluidas por contenidos rojizos. Los canales de resina siempre se asocian al floema de cada haz vascular colateral.

ENDOCARPO. En el endocarpo se reconocen tres zonas, la primera zona (1zc) está formada por hasta diez estratos de células donde predominan las de forma isodiamétrica y de pared delgada, en donde las células más externas contienen un cristal en su interior en *B. arborea* y *B. longipes* y las más cercanas al mesocarpo están comprimidas radialmente. La segunda zona (2zc) está formada por un estrato unicelular de forma redonda con un cristal en su lumen y de pared delgada y el estrato más interno tiene células de forma rectangular y pared gruesa (figura 12D). La tercera zona (3zc) está formada por hasta cuatro estratos de células de esclerénquima en forma irregular, en *B. arborea* el estrato de células que delimita el lóculo tiene paredes muy gruesas y una forma rectangular con la pared periclinal más alargada

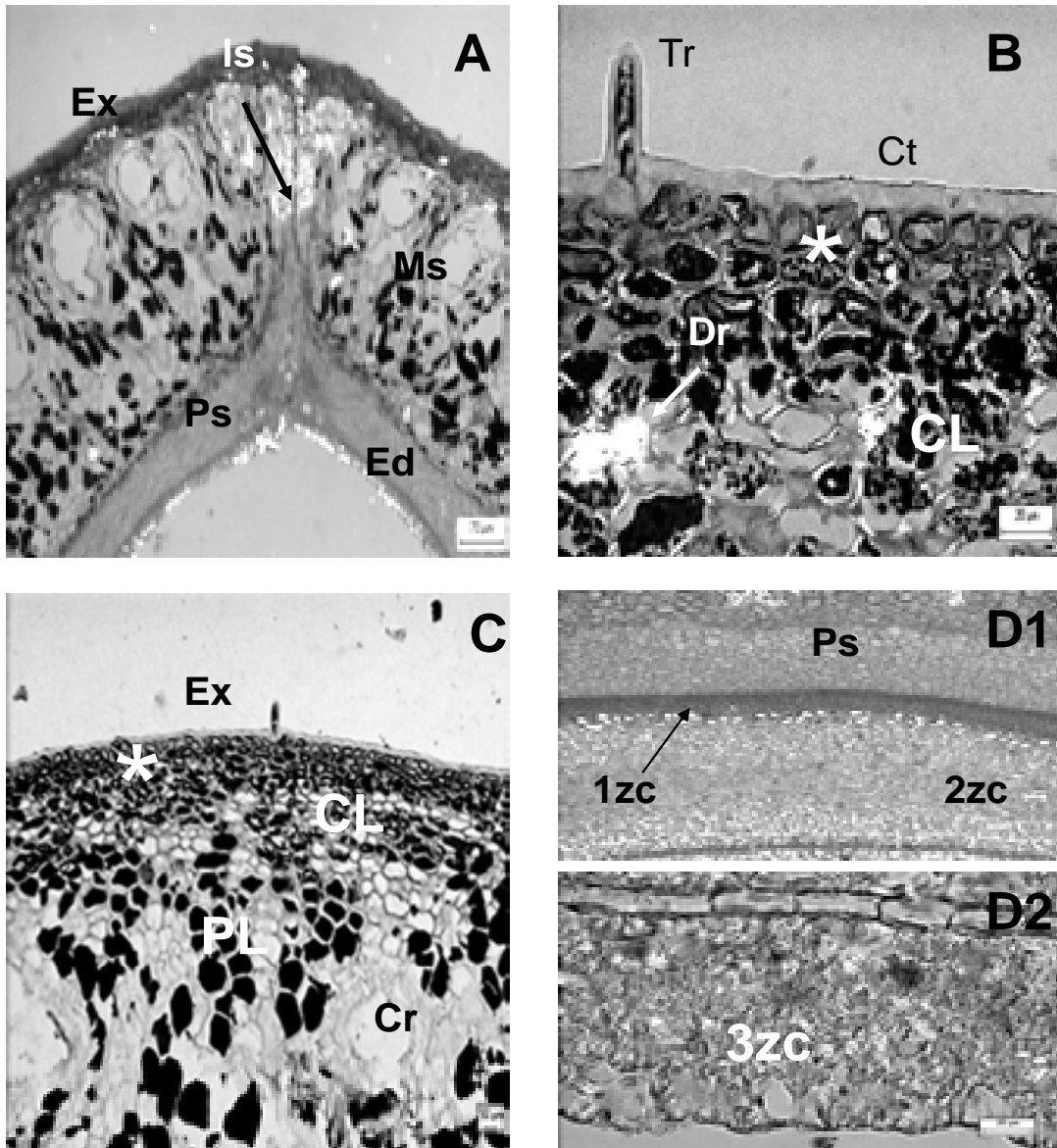


Figura 12. Anatomía del grupo I (Simaruba). A) Sección transversal de un fruto inmaduro de *B. simaruba*, mostrando exocarpo, mesocarpo, endocarpo, pseudoarilo y líneas de dehiscencia. B) Sección del exocarpo *B. arborea*; epidermis (asterisco). C) Sección del mesocarpo *B. arborea*; canales rodeados de parénquima. D1) Sección del endocarpo *B. longipes*; capas celulares que lo conforman. D2) Detalle del endocarpo *B. arborea*; tercer zona del endocarpo formada de esclerenquima. (Ex= exocarpo; Ms= mesocarpo; Ed= endocarpo; ls= líneas de dehiscencia; Tr= tricoma; Ct= cutícula; Dr= drusas; CL= clorenquima; PL= parénquima; cr= canal de resina; 1zc,2zc,3zc= zonas del endocarpo; células periclinales).

Grupo II. Microphylla: *B. morelensis*

EXOCARPO. La epidermis es simple (Ep) de cutícula gruesa y rugosa (Ct), con células de forma rectangular y algunas cuadradas, de diferente tamaño. Algunos estomas se observan al mismo nivel que las células epidérmicas (Figura 13B). Subyacente a la epidermis se encuentra un colénquima lagunar de hasta seis estratos de células.

MESOCARPO. El mesocarpo es principalmente parenquimatoso; en la región más cercana al exocarpo se encuentran los canales resiníferos (Cr) que son pequeños, de forma ovalada y algunos redondos, los cuales están formados por células comprimidas y de pared delgada (Figura 13C). Los canales se asocian al floema de cada haz vascular colateral con crecimiento secundario, son escasos y de forma redonda.

ENDOCARPO. En el endocarpo se reconocen tres zonas, la primer zona (1zc) está formada por hasta trece estratos de células donde predominan las de forma isodiamétrica y de pared delgada, pero las más cercanas al mesocarpo están comprimidas radialmente. La segunda zona (2zc) está formada por hasta cinco estratos (figura 13D1). Esta segunda zona se delimita porque el primer estrato celular tiene un cristal en su lumen y el más interno tiene células de forma cuadrada con paredes gruesas y lignificadas. La tercera zona (3zc) puede tener un número variable de estratos, cuyas células tienen forma irregular de paredes gruesas que van lignificando, especialmente las que delimitan el lóculo (figura 13D2).

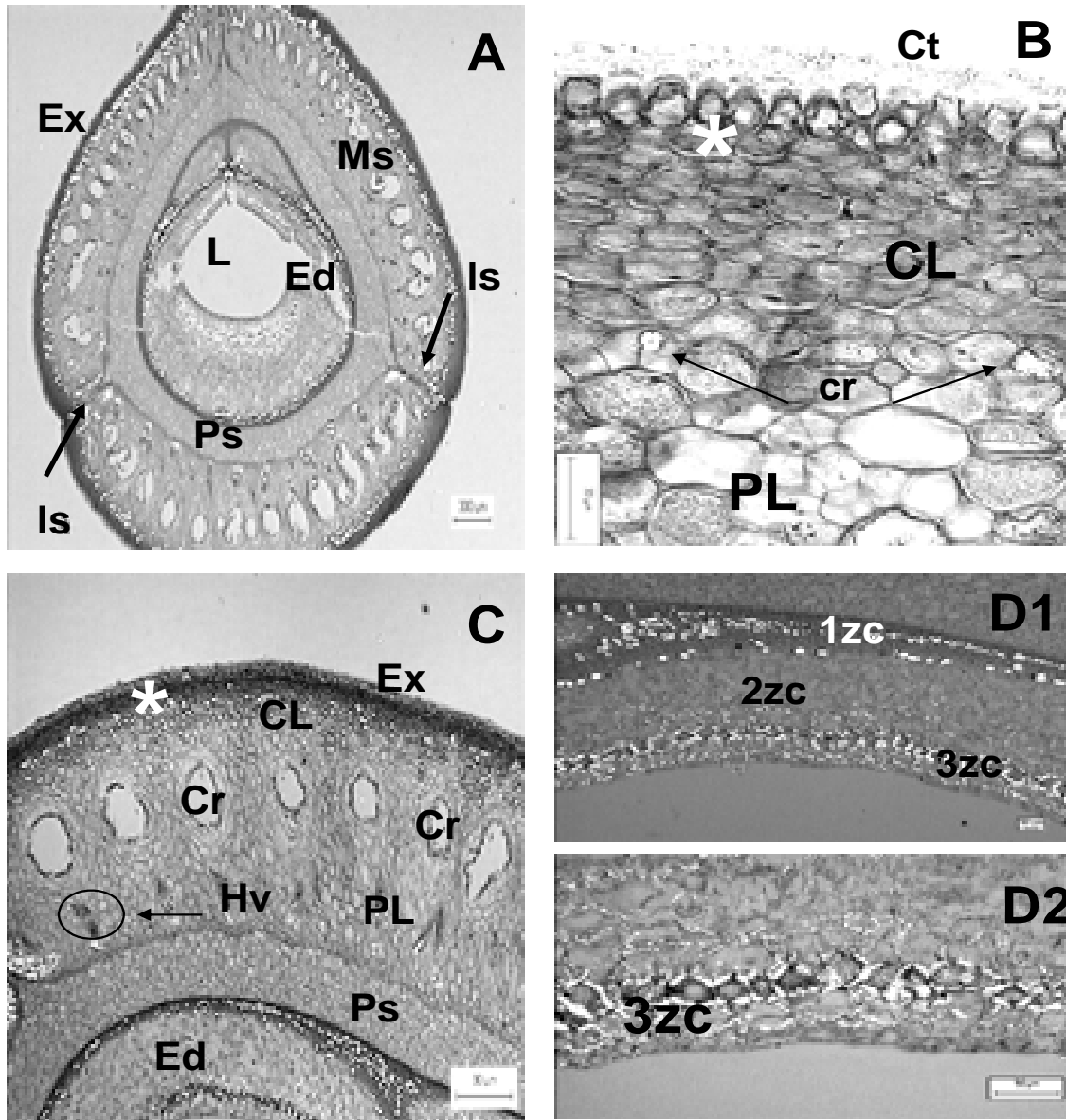


Figura 13. Anatomía del grupo II (Microphylla). A) Sección transversal de un fruto inmaduro de *B. morelensis* , mostrando exocarpo, mesocarpo, endocarpo, pseudoarilo y líneas de dehiscencia. B) Sección del exocarpo, epidermis (asterisco). C) Sección del mesocarpo, canales rodeados de parenquima. D1) Sección del endocarpo; capas celulares que lo conforman. D2) Detalle del endocarpo, tercer zona del endocarpo formada de esclerenquima. (Ex= exocarpo; Ms= mesocarpo; Ed= endocarpo; Is= líneas de dehiscencia; Ct= cutícula; Dr= drusas; CL= clorénquima; PL= parénquima; cr= canal de resina; 1zc,2zc,3zc= zonas del endocarpo; ♦ células periclinales; L= loculo)

Grupo III. Fragilis: *B. lancifolia*

EXOCARPO. La epidermis es simple (Ep) de cutícula delgada y lisa (Ct), con células nucleadas de forma cuadrada y de diferente tamaño. Algunos estomas se observan al mismo nivel que las células epidérmicas. Subyacente a la epidermis se encuentra un colénquima (CL) lagunar de hasta cuatro estratos de células periclinales, las cuales presentan contenidos rojizos en forma de gotas. (Figura 14B).

MESOCARPO. El mesocarpo es principalmente parenquimatoso. En la región más cercana al exocarpo se encuentran los canales resiníferos (Cr) que son grandes, de forma ovalada, los cuales están formados por células comprimidas y de pared delgada. Los canales se asocian al floema de cada haz vascular colateral con crecimiento secundario, estos son escasos y de forma alargada (figura 14C).

ENDOCARPO. En el endocarpo se reconocen tres zonas, la primera está formada por varios estratos de células donde predominan las de forma isodiamétrica y de pared delgada, pero las más cercanas al mesocarpo están comprimidas radialmente (1zc). La segunda zona (2zc) está formada por un estrato de células redondas y grandes con un cristal en su lumen, seguido de un estrato más interno de células con forma rectangular y paredes gruesas y lignificadas y un pequeño cristal en su lumen. (figura 14D1). La tercera zona (3zc) está formada por varios estratos de células de forma irregular y de pared delgada, especialmente la que delimita el lóculo (figura 14D2).

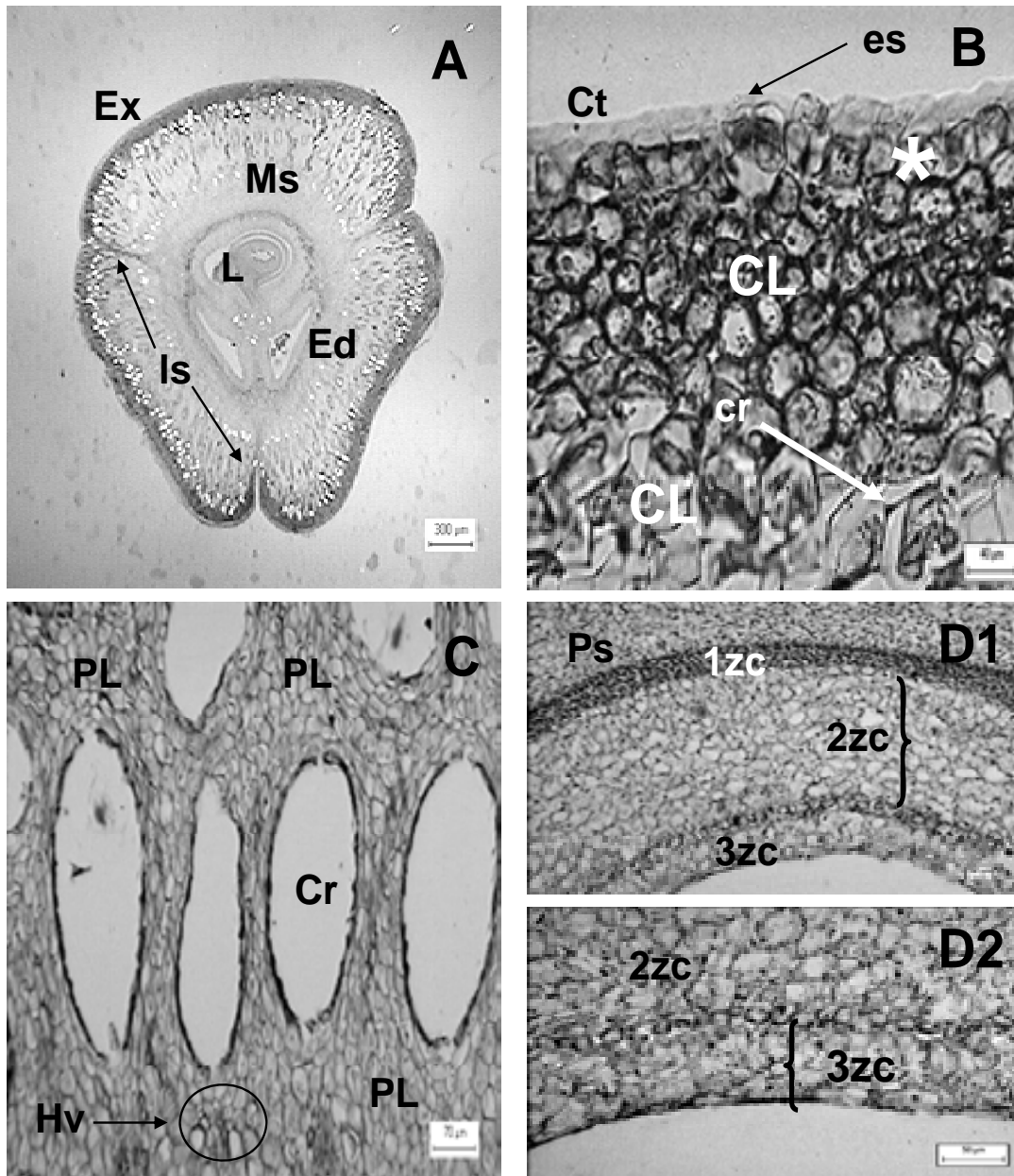


Figura 14. Anatomía del grupo III (Fragilis). A) Sección transversal de un fruto inmaduro de *B. lancifolia*, mostrando exocarpo, mesocarpo, endocarpo, pseudoarilo y líneas de dehiscencia. B) Sección del exocarpo, epidermis (asterisco). C) Sección del mesocarpo, canales rodeados de parenquima. D1) Sección del endocarpo; capas celulares que lo conforman. D2) Detalle del endocarpo, tercer zona del endocarpo formada de esclerenquima. (Ex= exocarpo; Ms= mesocarpo; Ed= endocarpo; ls= líneas de dehiscencia; L= lóculo) Ct= cutícula; es= estomas; Dr= drusas; Cr= canal de resina; CL= clorénquima; PL= parénquima; cr= cristales; 1zc,2zc,3zc= zonas del endocarpo; ♦ células periclinales.

Grupo IV. Fagaroides: *B. aptera*, *B. ariensis*, *B. discolor*, *B. bolivari*, *B. fagaroides* var. *Purpusii*, *B. schlechtendalii*.

EXOCARPO. La epidermis es simple de cutícula delgada y lisa en *B. aptera*, *B. discolor* y *B. fagaroides* (figura 15A y B) y en *B. schlechtendalii* se observa una cutícula gruesa y ondulada y *B. bolivarii* muestra una cutícula gruesa pero lisa, las células epidérmicas son de forma cuadrada y algunas rectangulares de diferente tamaño (figura 14A). En *B. fagaroides* y *B. schlechtendalii* se observan tricomas simples (Tr) y algunos estomas al mismo nivel que el resto de las células epidérmicas (figura 15A). Subyacente a la epidermis se encuentra un colénquima lagunar de hasta seis estratos de células.

MESOCARPO. El mesocarpo de este grupo es principalmente parenquimatoso; en la región más cercana al exocarpo se encuentran los canales resiníferos que son pequeños y de forma redonda en *B. aptera* (figura 15C) y ovalados y alargados en *B. discolor* y *B. fagaroides* (figura 15C). En la base de cada canal se observan haces vasculares colaterales (figura 15C). Los haces vasculares colaterales (Hv) en *B. ariensis*, *B. bolivarii* y *B. fagaroides* se observan perfectamente. Algunas de las células de parénquima que rodean a los canales presentan contenidos rojizos, siendo más evidentes en *B. ariensis*, *B. discolor*, *B. bolivarii*, *B. fagaroides* y *B. schlechtendalii* (figura 15C).

ENDOCARPO. En el endocarpo se reconocen tres zonas, la primera zona (1zc) está formada por hasta cuatro estratos de células donde predominan las de forma isodiamétrica y de pared delgada; las más cercanas al mesocarpo están comprimidas radialmente (figura 15D1). *B. aptera* presenta algunas de estas células en forma irregular y sin comprimir. La segunda zona (2zc) está formada por tres estratos de células, esta segunda zona se delimita por que el primer y tercer estrato celular tienen un cristal en su lumen (Cr) y son unicelulares en (*B. ariensis*, *B. discolor*, *B. fagaroides* y *B. schlechtendalii*) (figura 15D2) y en *B. aptera* y *B. bolivarii* solo lo presenta el primer estrato y el estrato más interno tiene células de forma irregular con paredes delgadas; en *B. aptera*, se presentan células en forma rectangular en este estrato. La tercer zona (3zc) del endocarpo tiene hasta tres estratos

cuyas células son de forma irregular, especialmente las que delimitan al lóculo. En *B. ariensis* y *B. discolor* estas células se observan con pared gruesa (figura 15D2).

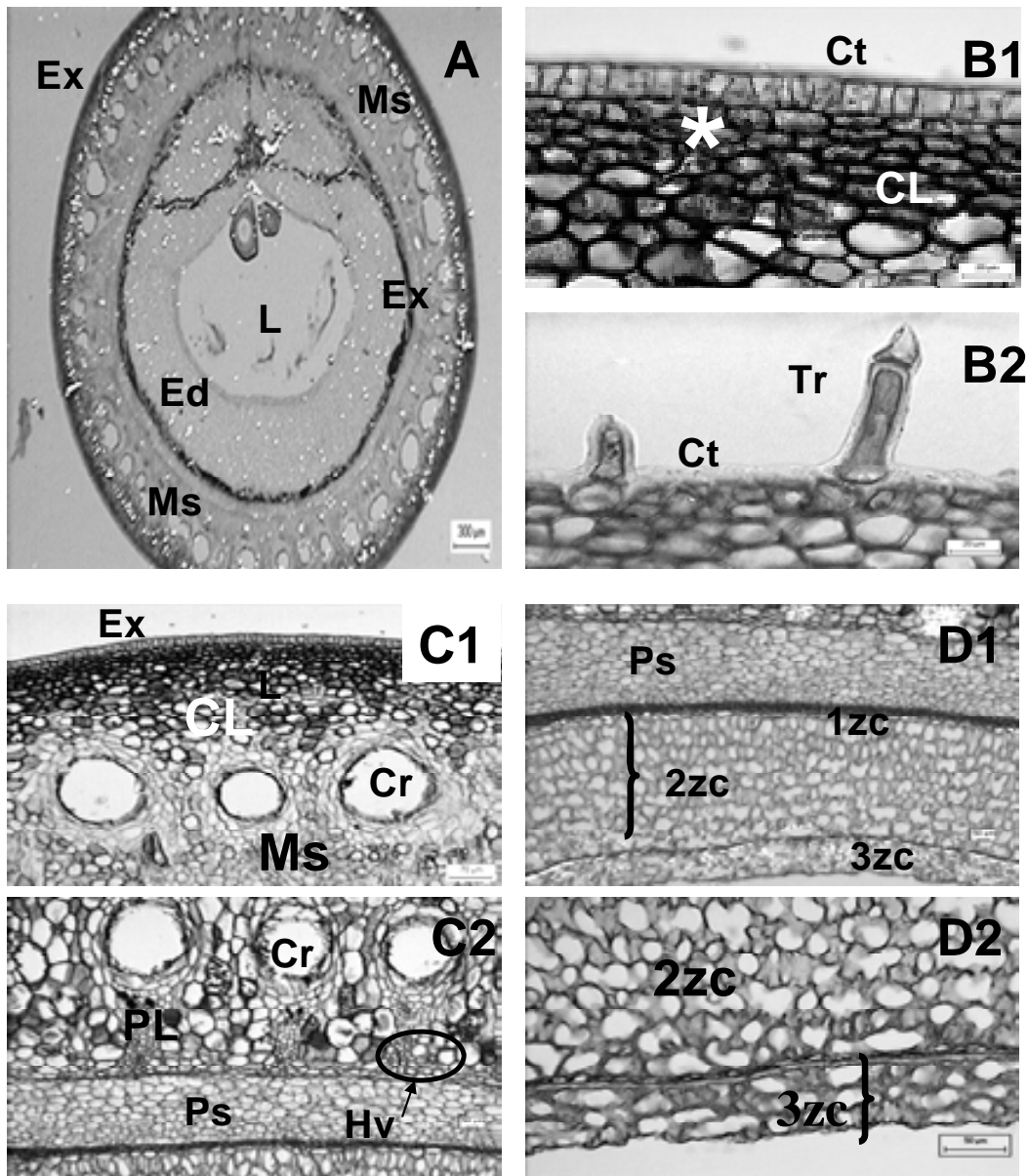


Figura 15. Anatomía del grupo IV (Fagaroides). A) Sección transversal de un fruto inmaduro de *B. aptera*, mostrando exocarpo, mesocarpo, endocarpo, pseudoarilo. B1) Sección del exocarpo de *B. aptera*, epidermis (asterisco). B2) Cutícula de *B. ariensis* mostrando tricomas. C1) Sección del mesocarpo de *B. aptera*, canales rodeados de parenquima. C2) mesocarpo de *B. ariensis* mostrando haces vasculares. D1) Sección del endocarpo; capas celulares que lo conforman. D2) Detalle del endocarpo, tercer zona del endocarpo formada de esclerenquima. (Ex= exocarpo; Ms= mesocarpo; Ed= endocarpo; L= lóculo) Tr= tricoma; Ct= cutícula; Cr= canal de resina; CL= clorenquima; PL= parénquima; cr= cristales; 1zc,2zc,3zc= zonas del endocarpo; ♦ células periclinales.

Grupo V. Glabrifolia: *B. xochipalensis*, *B. citronella*, *B. linanoe*, *B. coyucensis*, *B. sarcopoda*.

EXOCARPO. El exocarpo (Ex) de este grupo está formado por una epidermis simple (Ep) formada de células cuadradas de diferente tamaño y algunas tabicadas y pared delgada en donde *B. xochipalensis* y *B. coyucensis* presentan una cutícula gruesa y lisa, y *B. linanoe*, *B. citronella* y *B. sarcopoda* presentan una cutícula delgada y lisa (figura 16 A y B). Todas las especies presentan estomas elevados a excepción de *B. sarcopoda* que los presenta al mismo nivel que la epidermis y *B. citronella* presenta glándulas. Se observan de cuatro hasta seis estratos de células de colénquima lagunar subyacente a la epidermis, el cual presenta contenidos rojizos y en algunas células se observan drusas que ocluyen el lumen celular (CL).

MESOCARPO. El mesocarpo (figura 16C) es de tipo parenquimatoso y en la región más cercana al exocarpo se observan los canales resiníferos, los cuales son grandes y de forma ovalada (Ms1) en *B. linanoe*, *B. xochipalensis*, *B. citronella* y *B. sarcopoda* y se observan canales redondos y pequeños en *B. coyucensis*. En la base de cada canal se observan haces vasculares colaterales (Hv) y con presencia de contenidos rojizos.

Todas las especies de este grupo se caracterizan por tener sus canales de un gran tamaño, llegando a ocupar la mayor parte del mesocarpo.

ENDOCARPO. El endocarpo (Ed) está formado por tres zonas principales, la primera zona (1zc) en todas las especies está formada por hasta cinco estratos de células pequeñas y ovaladas de pared delgada y comprimidas, a excepción de *B. sarcopoda* en la que se observan células alargadas (figura 16D1); en *B. xochipalensis* esta capa de células contiene un cristal en su interior. La segunda zona (2zc) está formada por hasta siete estratos en la mayoría de las especies. Esta zona se delimita porque en el primer y en el último estrato celular se presenta una pared relativamente gruesa y que contiene un cristal en su lumen, a excepción de *B. sarcopoda* que no lo presenta. Los estratos intermedios de esta zona

presentan células de forma irregular y de pared delgada. La tercer zona (3zc) del endocarpo está formada por hasta seis estratos de esclerénquima, cuyas células son de forma irregular, especialmente las que delimitan al lóculo (figura 16D2).

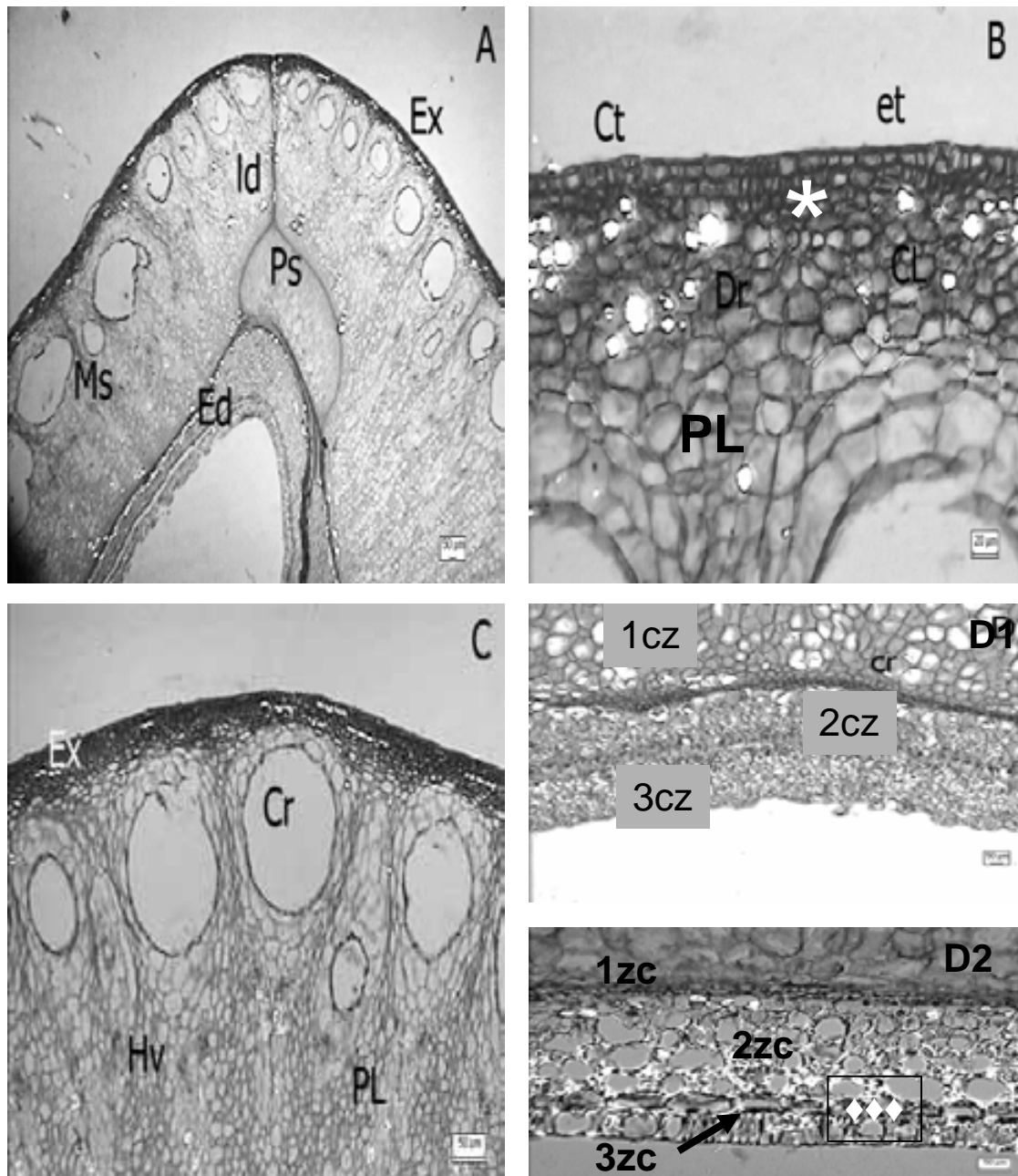


Figura 16. Anatomía del grupo V (Glabrifolia). A) Sección transversal de un fruto inmaduro de *B. linanoe*, mostrando exocarpo, mesocarpo, endocarpo, pseudoarilo y líneas de dehiscencia. B) Sección del exocarpo de *B. citronela*, epidermis (asterisco). C) Sección del mesocarpo de *B. linanoe*, canales rodeados de parenquima. D1) Sección del endocarpo de *B. xochipalensis*; capas celulares que lo conforman. D2) Detalle del endocarpo *B. simaruba*, tercer zona del endocarpo formada de esclerénquima. (Ex= exocarpo; Ms= mesocarpo; Ed= endocarpo; ls= líneas de dehiscencia; L= lóculo); Ct= cutícula; es= estomas; Dr= drusas; Cr= canal de resina; CL= clorenquima; PL= parénquima; cr= cristales; 1zc, 2zc, 3zc= zonas del endocarpo; ♦ células periclinales.

Grupo VI. Copallifera: *B. bicolor*, *B. copallifera*, *B. submoniliformis*, *B. excelsa*, *B. velutina* y *B. vejar-vazquezii*.

EXOCARPO. En el exocarpo (Ex) del grupo Copallifera (figura 17 A y B) se observa una epidermis simple (Ep) de células cuadradas y algunas tabicadas, de pared delgada y de diferentes tamaños, presentando una cutícula muy variada ya que *B. bicolor*, *B. vejar-vazquezii*, *B. excelsa* la presentan gruesa y lisa; *B. copallifera* y *B. submoniliformis* la presentan delgada y lisa; *B. velutina* la presenta delgada pero rugosa (figura 17B1). En *B. vejar-vazquezii* y *B. copallifera* se presentan estomas al mismo nivel que las células epidérmicas (figura 17B2). Se observan tricomas simples en *B. bicolor*, *B. copallifera* y *B. submoniliformis*. Todas las especies presentan colénquima de hasta siete estratos de células subyacentes a la epidermis en donde algunas células presentan contenidos rojizos. (Figura 17 A y B).

MESOCARPO. El mesocarpo (Ms) es principalmente parenquimatoso, en la región cercana al exocarpo se observan los canales resiníferos (Cr) que en *B. bicolor*, *B. copallifera* son pequeños y de forma redonda; *B. submonilliformis*, *B. excelsa*, *B. velutina* y *B. verja-vazquezii* presentan canales de forma ovalada (Figura 17B). En la base de cada canal se observan haces vasculares colaterales (Hv). En *B. velutina* algunas células que rodean estos haces, en su interior, se observan algunas drusas (Dr) (figura 17C).

ENDOCARPO. El endocarpo (Ed), está formado por tres zonas principales. La primera zona está formada por hasta seis estratos de células donde predominan las de forma redonda e isodiamétrica y de pared delgada, en donde las más cercanas al mesocarpo son de forma ovalada, nucleada y comprimida radialmente, en *B. bicolor* algunas de estas células presentan un cristal en su lumen (figura 17D1). La segunda zona (2zc) está formada por hasta siete estratos de células, esta zona se delimita por que el primer y último estrato celular de pared relativamente gruesa tiene un cristal en su lumen (cr) a excepción de *B. vejar-vazquezii* y *B. bicolor*, que no presentan cristales. En estratos intermedios de esta zona se presentan células de forma irregular y de pared delgada. La tercera zona del

endocarpo está formada por hasta cinco estratos de esclerenquima cuyas células son de forma irregular y pared delgada, principalmente las que delimitan al lóculo (figura 17D2).

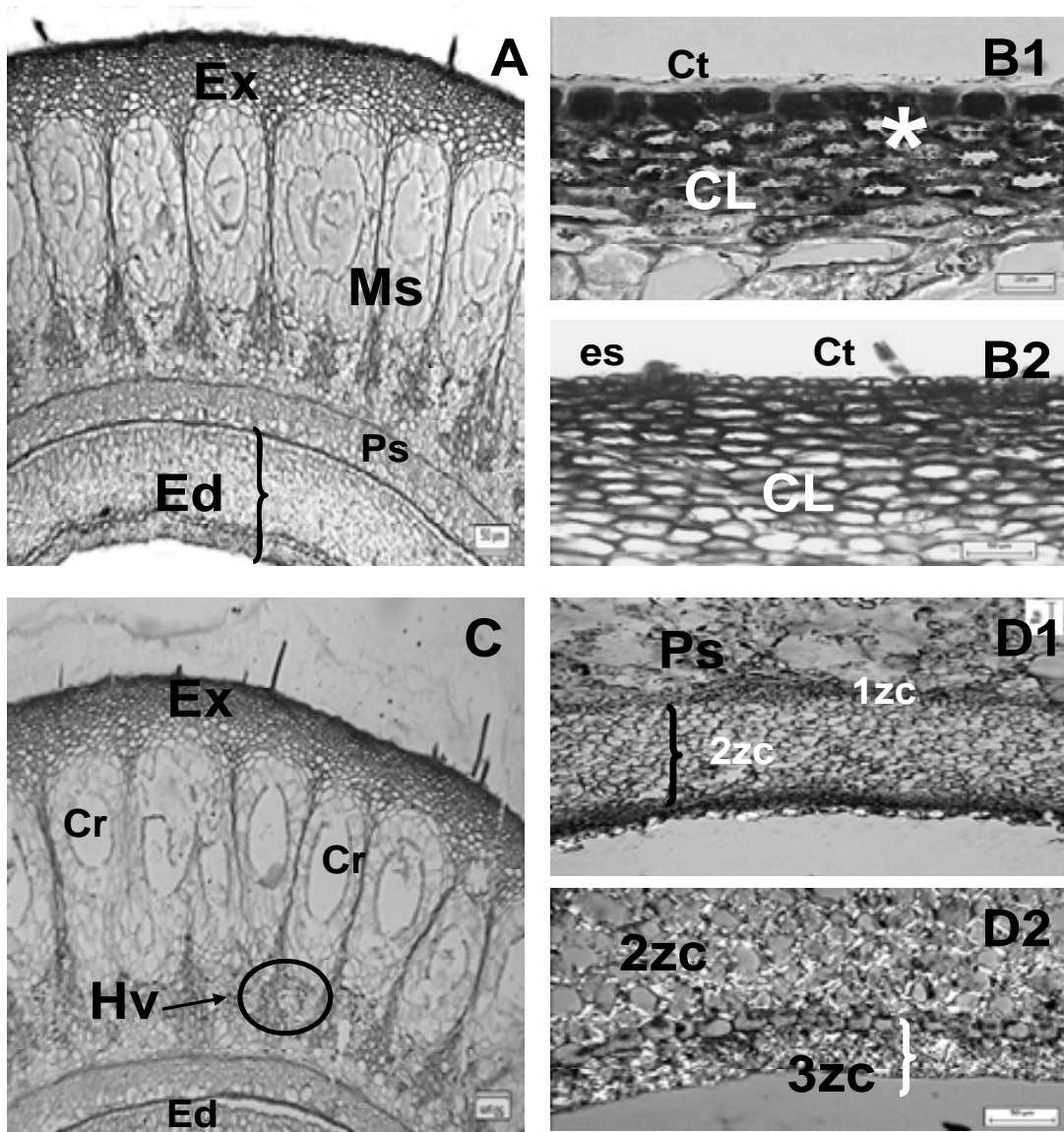


Figura 17. Anatomía del grupo VI (Copallifera). A) Sección transversal de un fruto inmaduro de *B. submonilliformis*, mostrando exocarpo, mesocarpo, endocarpo, pseudoarilo. B1) Sección del exocarpo de *B. velutina*, epidermis (asterisco). B2) Cutícula de *B. vejar-vazquezii* mostrando tricomas y estoma. C) Sección de mesocarpo de *B. submonilliformis*, canales rodeados de parenquima y haces vasculares. D1) Sección del endocarpo *B. submonilliformis*; capas celulares que lo conforman. D2) Detalle del endocarpo de *B. bicolor*, tercer zona del endocarpo formada de esclerenquima. (Ex= exocarpo; Ms= mesocarpo; Ed= endocarpo; Tr= tricoma; es= estoma; Ct= cutícula; Cr= canal de resina; CL= clorenquima; PL= parénquima; cr= cristales; 1zc, 2zc, 3zc= zonas del endocarpo; ♦ células de pared gruesa.

Grupo VII. Tecomaca: *B. tecomaca*.

EXOCARPO: El exocarpo está formado por una epidermis simple (Ep) formada de células cuadradas y algunas rectangulares, de diferente tamaño y de pared delgada, presentando una cutícula delgada y rugosa (figura 18 A y B), no presenta estomas, pero si algunas glándulas, probablemente de aceite. Se observan hasta seis estratos de colénquima lagunar subyacente a la epidermis, en el cual se observan contenidos rojizos en el interior de la mayoría de las células y algunas presentan drusas que ocluyen el lumen celular.

MESOCARPO: Es de tipo parenquimatoso (figura 18C), en donde la región más cercana al exocarpo se observan canales resiníferos (Cr) de forma ovalada y alargados, los cuales abarcan casi todo el mesocarpo. En la base de cada canal se observan haces vasculares colaterales (Hv), rodeados de parénquima lagunar.

ENDOCARPO: El endocarpo (Ed) está formado por tres zonas, (figura 18D1) la primera zona (1zc) está formada por hasta cuatro estratos de células pequeñas de forma ovalada con pared delgada y comprimida. La segunda zona (2zc) está formada por hasta seis estratos, en donde el primer estrado con pared celular aparentemente gruesa contiene un cristal en su lumen, y los estratos intermedios presentan células de forma irregular y de pared delgada. La tercer zona (3zc) (figura 18D2) está formada por un estrato de células de esclerénquima de forma casi laminar que delimita el lóculo.

En la tabla cuatro se resumen las características anatómicas del fruto del género *Bursera*.

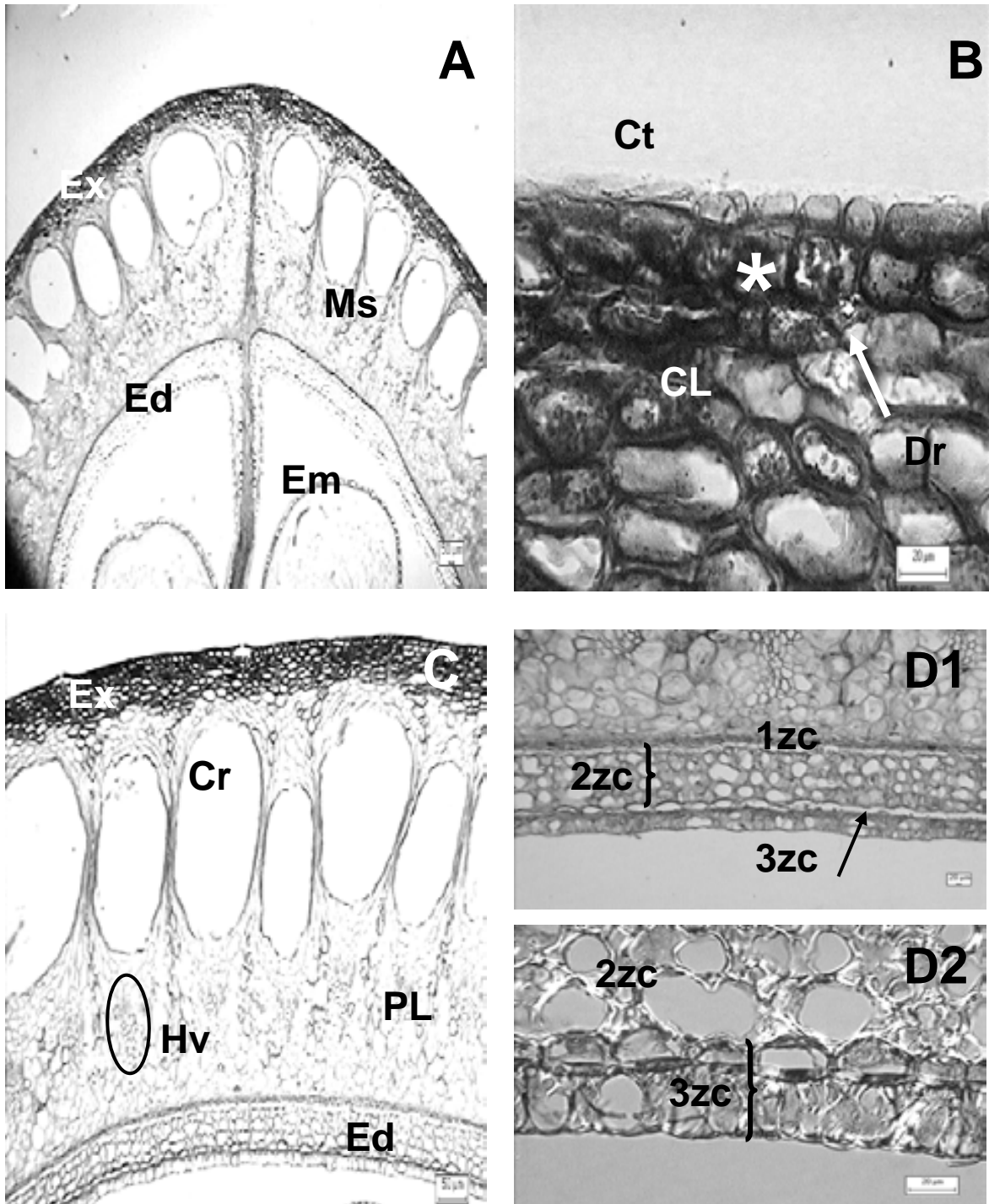


Figura 18. Anatomía del grupo VII (Tecomaca). A) Sección transversal de un fruto inmaduro de *B. tecomaca*, mostrando exocarpo, mesocarpo, endocarpo y líneas de dehiscencia. B) Sección del exocarpo; epidermis (asterisco). C) Sección del mesocarpo; canales rodeados de parenquima y haces vasculares. D1) Sección del endocarpo; capas celulares que lo conforman. D2) Detalle del endocarpo; tercer zona del endocarpo formada de esclerenquima. (Ex= exocarpo; Ms= mesocarpo; Ed= endocarpo; ls= líneas de dehiscencia; Tr= tricoma; Ct= cutícula; Dr= drusas; CL= clorenquima; PL= parénquima; cr= canal de resina; Hv= haces vasculares; 1zc,2zc,3zc= zonas del endocarpo).

GRUPOS	EXOCARPO	MESOCARPO	ENDOCARPO
UNO (SIMARUBA)	Epidermis simple; Cutícula gruesa y lisa; Posición de estomas, elevados; Presencia de tricomas y drusas Colénquima lagunar	Parenquimatoso Canales ovalados de tamaño pequeño Contenidos rojizo; Haces vasculares colaterales	1ra zona: células isodiamétricas de pared delgada c/cristal 2da zona: unicelular, pared delgada c/cristal 3ra zona: esclerenquima irregular
DOS (MICROPHYLLA)	Epidermis simple; Cutícula gruesa y de relieve rugosa; Estomas al mismo o nivel que cel. epidérmicas; Colénquima lagunar: Sin presencia de tricomas	Parenquimatoso; Canales ovalados y redondos; Pocos contenidos rojizos; Haces vasculares colaterales	1ra zona: células isodiamétricas de pared delgada 2da zona: isodiamétrica, primer estrato c/cristal y último estrato con pared gruesa. 3ra zona: esclerenquima irregular
TRES (FRAGILIS)	Epidermis simple; Cutícula delgada y de relieve lisa Estomas al mismo nivel que cel. epidérmicas Colénquima lagunar; Sin presencia de tricomas	Parenquimatoso ; Canales ovalados de tamaño grande y algunos pequeños Contenidos rojizos ; Haces vasculares colaterales	1ra zona: células isodiamétricas de pared delgada 2da zona: isodiamétricas, primer estrato y último c/cristal y con pared gruesa 3ra zona: esclerenquima irregular
CUATRO (FAGAROIDES)	Epidermis simple; Cutícula delgada o gruesa y relieve ondulada o lisa ; Presencia de tricomas simples y estomas al mismo nivel que cel. epidérmicas; Colénquima lagunar	Parenquimatoso ; Canales ovalados y redondos; Haces vasculares colaterales ; Pocos contenidos rojizos	1ra zona: células ovaladas y comprimidas radialmente 2da zona: isodiamétricas, primer estrato y último con cristal. (<i>B. aptera</i> y <i>B. bolivarii</i> presentan cristal en el primer estrato) 3ra zona: esclerenquima irregular
CINCO (GLABRIFOLIA)	Epidermis simple; Cutícula gruesa o delgada y relieve lisa; Estomas elevados ; Sin presencia de tricomas; Colénquima lagunar con presencia de drusas	Parenquimatoso ; Canales ovalados y redondos ; Haces vasculares colaterales Contenidos rojizos	1ra zona: células ovaladas y comprimidas (<i>B. xochipalensis</i> , en esta zona, presenta cristal) 2da zona: isodiamétricas, primer estrato y último con cristal. (<i>B. sarcopoda</i> , no presenta cristal) 3ra zona: esclerenquima irregular
SEIS (COPALLIFERA)	Epidermis simple; Cutícula gruesa o delgada y de relieve lisa o rugosa; Presencia de tricomas y estomas al mismo nivel que cel. Epidérmicas; Colénquima lagunar	Parenquimatoso ; Canales ovalados y redondos ; Presencia de drusas	1ra zona: células isodiamétricas y redondas comprimidas con cristal en su interior .2da zona: isodiamétricas, primer estrato y último con cristal. (<i>B. vejlar-vazquezii</i> , no presenta cristal) 3ra zona: esclerenquima irregular
SIETE (TECOMACA)	Epidermis simple; Cutícula delgada y de relieve rugosa; Colénquima lagunar con presencia de drusas; Sin presencia de tricomas	Parenquimatoso ; Canales ovalados y alargados de gran tamaño	1ra zona: células ovaladas de pared delgada. 2da zona: isodiamétricas, primer estrato con cristal. 3ra zona: esclerenquima de forma laminar

Tabla 4. Características anatómicas observadas en el exocarpo, mesocarpo y endocarpo del fruto de *Bursera*

IX- DISCUSIÓN




















Los frutos del género *Bursera* muestran características propias de una drupa ya que el ovario madura como pericarpo provisto de endocarpo duro y mesocarpo carnosos, el pericarpo de un fruto maduro se compone de tres partes: un exocarpo delgado o piel que funciona como una capa protectora; un mesocarpo grueso y carnosos que generalmente es parenquimatoso y se localiza entre el exocarpo y el endocarpo y un endocarpo duro que esclarifca y protege a la semilla (Roth, 1977)

A) MORFOLOGÍA

En el fruto de *Bursera* se observan marcadas diferencias en la morfología del fruto, la sección *Bursera* (grupos uno, dos, tres y cuatro, según Becerra, 2003) presentan en la mayoría de sus especies una forma trígona, con líneas de dehiscencia que son muy evidentes; al madurar el fruto se abre en tres valvas y deja al descubierto el pseudoarilo que cubre completamente a la semilla, variando de un color que va desde el amarillo pálido en la mayoría de sus especies hasta el rojizo. En cambio, la sección *Bullockia* presenta una forma que va desde lenticular en el grupo cinco (*Glabrifolia*) hasta ovoide, que es más evidente en el grupo seis (*Copallifera*), las líneas de dehiscencia son poco evidentes en este grupo, la cobertura del pseudoarilo es menor a una tercera parte en la semilla predominando el color amarillo naranja en el grupo cinco; en el grupo seis el pseudoarilo cubre más de dos terceras partes y predomina el color rojo pálido. El fruto al madurar se abre en dos valvas en ambos grupos de esta sección, todas las especies del género solo presentan un embrión viable en el lóculo de mayor tamaño.

La descripción morfológica de otras estructuras como el número de valvas, tipo de ovario y flor, corteza, características de plántulas y arquitectura foliar, forma de venación y secuencias moleculares de ADN ribosomal, muestran características determinantes para cada sección del género.

Los caracteres morfológicos del fruto que reafirman la descripción morfológica del género en este trabajo son la forma del fruto, la cobertura del pseudoarilo y el color de este, así como la línea de dehiscencia en las dos secciones (cuadro 3).

McVaugh & Rzedowski, 1965	Toledo, 1982	Becerra, 2003	Plántula	Corteza	Hoja	Venación	Fruto	Presencia del pseudoarilo	Color del pseudoarilo	
<i>Seccion Bursera</i>	Mulatos	Grupo simaruba						Total	Amarillo pálido	
	Cuajiotes	Grupo microphylla								
		Grupo fragilis								
		Grupo fagaroides								
<i>Seccion Bullockia</i>	Copales	Grupo copallifera						> 1/3	Rojo pálido	
		Grupo glabrifolia							< 2/3	Amarillo-naranja

Cuadro 3. Características morfológicas del género *Bursera* que apoyan su clasificación.

B) ¿Pseudoarilo o arilo?

Un arilo es una excrescencia que se forma en la superficie del rudimento seminal (o en el extremo del funículo) localizada en muy diversos puntos del tegumento externo y también muy variable por su desarrollo. Este término fue utilizado por Linneo, aunque con significación vaga, más tarde Gaertner y Richard, y sobre todo Baillon, concretaron que dicha excrescencia se forma en el hilo o en funículo; y más tarde Planchon, comprobó que la localización de esta clase de excrescencias no siempre es la indicada, propuso denominar *ariloide* a la que se produce en el tegumento externo alrededor del micrópilo. Los estudios posteriores a esto han demostrado que el *arilo* y el *ariloide* son realmente análogos, ya que solo se diferencian por el lugar del rudimento seminal en el que se inicia y se forman, por el desarrollo que alcanzan, por su morfología y por su coloración (Font Quer 1953).

El primero en reconocer al pseudoarilo en la familia Burseraceae, en el género *Commiphora*, fue Oliver (1894) (citado en Van Der Walt 1975) y lo hizo con base en el color. Un arilo normalmente es rojo, mientras que un pseudoarilo puede ser naranja o amarillo. Sin embargo, Ridley (1930) encontró que estos colores también son comunes en un verdadero arilo.

Como es común en frutos drupáceos, las esclereidas de la semilla son formadas por derivados de la epidermis interna del ovario (Sterling, 1953). En una determinada fase, estas células epidérmicas internas se dividen repetidamente formando filas radiales de células. Estas células crecen y su arreglo ordenado se fusiona. Ellas se desarrollan gradualmente en esclereidas pero la lignificación de sus paredes comienza cuando el fruto es casi maduro. Después de que la mayoría de los derivados de la epidermis interna se han formado, las células del pseudoarilo se originan. Las células hipodermales bajo los derivados de la epidermis interna del ovario se dividen y agrandan para formar las células del pseudoarilo.

Siguiendo el concepto más amplio del endocarpo (Eames y MacDaniels, 1947; Esau, 1985), el pseudoarilo puede designarse como parte de éste, ya que existe una transición gradual entre las células del pseudoarilo y de esclereidas de la semilla. Según Richard (1819) con su

definición de endocarpo, el pseudoarilo no puede ser clasificado como parte del endocarpo ya que no se origina de la epidermis interna y las células del pseudoarilo difieren completamente del resto del mesocarpo porque son más alargadas y de paredes delgadas que no lignifican.

Con base en el concepto de arilo de Font-Quer (1953), en el fruto de *Bursera* el pseudoarilo se origina en las paredes externas del ovario, después de que las zonas del endocarpo han sido formadas, a diferencia de un arilo que se forma a partir del funículo. En *B. citronella* de la sección *Bullockia*, de la cual se obtuvieron cortes de flor, fruto inmaduro y maduro se observa claramente la formación del pseudoarilo a partir de la parte interna del mesocarpo (figura 19). Por lo tanto se le considera un pseudoarilo, ya que su origen es a partir de células del pericarpo, específicamente en células internas del mesocarpo.

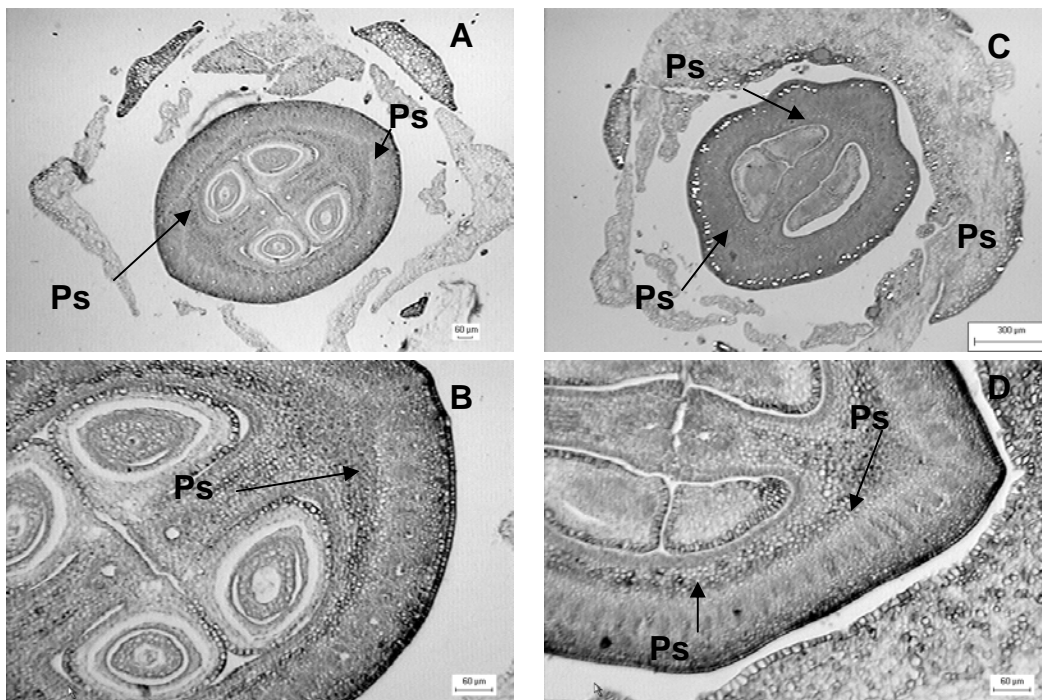


Figura 19. Origen del pseudoarilo en *Bursera*. A) Sección transversal de la flor; B) Detalle de la formación del pseudoarilo a partir de células externas del ovario; C) Fruto inmaduro; D) Fruto casi maduro en detalle de *B. citronella* en donde se muestra el origen del pseudoarilo.

Morfológicamente los frutos de las dos secciones muestran que en *Bursera* sección *Bursera*, el pseudoarilo se desarrolla cubriendo todo el endocarpo y solo está formado por pocos estratos de células. Este tipo de pseudoarilo es muy parecido al de la sección *Africanæ* del género *Commiphora* ya que también es muy delgado y cubre la mayoría de la semilla. Es interesante que éste sea también el tipo de pseudoarilo que Engler (1931) visualizó como el más primitivo.

La primera tendencia evolutiva probablemente era el desarrollo de una estructura más carnosa, y esto posiblemente derivó en una reducción en el tamaño del pseudoarilo. El grupo *copallifera* de la sección *Bullockia* desarrolla un pseudoarilo que cubre más de dos terceras partes del fruto y las células del pseudoarilo se desarrollan un poco más abajo de la línea de formación de las valvas; el grupo *glabrifolia* desarrolla un pseudoarilo muy parecido pero no tan marcado en la base de las valvas, sino en casi todo el endocarpo.

La sección *Bullockia* tiene gran afinidad con el género *Commiphora* tomando en cuenta la cobertura del pseudoarilo, ya que en este género existe una sección; *Spondioideæ* que presenta un pseudoarilo muy similar al de la sección *Bullockia* (Figura 20) (Van Der Walt 1975).

Subgénero <i>Opobalsamum</i>		○
Subgénero <i>Commiphora</i>		
Sección <i>Coriaceae</i>	Subsección <i>Rangeanae</i>	○
	Subsección <i>Teretifoliolatae</i>	
Sección <i>Spondioideae</i>	Subsección <i>Glaucidulae</i>	○
	Subsección <i>Cupulares</i>	○
	Subsección <i>Pruinosae</i>	○
Sección <i>Commiphora</i>	Subsección <i>Latifoliolatae</i>	○
	Subsección <i>Ugogenses</i>	
	Subsección <i>Pedunculatae</i>	
	Subsección <i>Quadrcinctae</i>	
	Subsección <i>Pyracanthoides</i>	○ ○ ○
	Subsección <i>Madagascarienses</i>	
Sección <i>Rostratae</i>		○ ○ ○
Sección <i>Africanae</i>		

Figura 20. Representación esquemática de los tipos de pseudoarilo de *Commiphora*. Modificado de Wild (1959)

El color del pseudoarilo contrasta bien contra el color normalmente oscuro de la semilla, y probablemente es muy eminente y atractivo a los pájaros. El pseudoarilo indudablemente juega el mismo papel en la diseminación de las semillas como un arilo genuino.

Desde un punto de vista funcional es de importancia vital que el pseudoarilo permanezca firmemente atado a la semilla, ya que si se soltara fácilmente, los frutos no serían vistos por los pájaros y la dispersión de la semilla no tendría lugar.

El pseudoarilo es una estructura muy interesante y necesita más atención a nivel anatómico, ya que por las características de su cobertura y tipo celular es necesario realizar más estudios acerca de su origen.

C) ANATOMÍA

El exocarpo y el endocarpo pueden ser considerados como *sensu stricto* o *sensu lato*. Se consideran *sensu stricto* cuando se desarrollan de las células de la epidermis interna y externa de la pared del ovario, o de sus derivados; o *sensu lato*, cuando se desarrollan de las capas epidermales o capas subepidermales adyacentes o de alguna otra región de la pared del ovario (Roth, 1977).

El exocarpo del género *Bursera* está compuesto por una epidermis simple en todas sus especies, por lo cual es considerado como un exocarpo *sensu lato*. El endocarpo es considerado *sensu stricto* porque este se desarrolla a partir de la epidermis interna de la pared del ovario. De acuerdo con Roth (1977), el pericarpo tiene varias funciones, pero su función principal es proteger al embrión de cualquier daño. Otra función importante del pericarpo es la dispersión de semillas. En los frutos de *Bursera*, esta función se le atribuye a la parte fresca del fruto, el mesocarpo.

El exocarpo de las especies de la sección *Bursera* (formada por los grupos Simaruba, Microphylla, Fragilis y Fagaroides) presenta una epidermis simple con una cutícula lisa de espesor variable en la mayoría de los grupos, a excepción del grupo microphylla que

presenta consistentemente una cutícula rugosa y el grupo *Simaruba* y *Fagaroides* presentan tricomas simples en la epidermis. Algunas de las especies de los cuatro grupos presentan estomas elevados y al mismo nivel que la epidermis.

El exocarpo de las especies de la sección *Bullockia*, formada por los grupos *Glabrifolia* y *Copallifera*, presentan una epidermis simple con una cutícula lisa y de espesor variable y estomas elevados. En el grupo *Glabrifolia* se muestra mayor presencia de cristales en el exocarpo que en el grupo *Copallifera*, en donde éste tiene presencia de tricomas en la mayoría de sus especies, lo que no sucede en el grupo *Glabrifolia*.

Todas las especies del género *Bursera* presentan una zona colénquimatoso que va desde tres hasta más de quince estratos, en las dos secciones. Estas células en la mayoría de las especies estudiadas contienen cristales en forma de drusas, probablemente de oxalato de calcio y tal vez plastidios (Van Der Walt., 1975).

La mayoría de las plantas producen cristales de oxalato de calcio, los cuales pueden representar más del 85% del peso seco de algunas de ellas como ocurre en cactáceas (Gallaher R. N., 1975).

Las plantas producen los cristales de oxalato de calcio en una gran variedad de formas y tamaños, aunque la mayoría de los cristales pueden clasificarse dentro de cuatro tipos principales en base a su morfología: rafidios (cristales aciculares en agregados), drusas (agregados cristalinos esféricos), estiloides (cristales aciculares) y prismas. Generalmente la mayoría de sus cristales y su distribución dentro de los tejidos de la planta son especie-específicos.

Los idioblastos son células que están especializadas para la acumulación de calcio en forma de oxalato de calcio cristalino, estas células crecen muy rápidamente y se diferencian de todas las demás células por su gran tamaño, cuando los idioblastos maduran totalmente (es decir, poseen un cristal totalmente formado en su interior) inhiben el flujo de calcio hacia su interior, lo cual demuestra su capacidad para regular los procesos de transporte de calcio a través de la membrana plasmática.

La función de los cristales de oxalato de calcio en las plantas aun no ha sido bien determinada. En investigaciones recientes se ha propuesto que estos cristales pueden

desempeñar diversas funciones, una de ellas, al parecer la más importante, es el secuestro y mantenimiento de los niveles de calcio dentro de la planta (Volk G. M., et al., 2002).

También se ha propuesto que estos cristales pueden actuar como depósitos inertes para metales pesados como Zn, Cd, Sr, Pb y Al, debido a que se han detectado estos metales en los cristales aislados de plantas que crecieron en suelos contaminados (Mazen A. M y Maghraby O M O., 1998). Algunas funciones adicionales para los cristales son: ayudar a la formación de cámaras aéreas, actuar como soporte estructural o como dispersores o concentradores de los rayos luminosos (Franceschi V. 2001).

Aun hay mucho que descubrir de la formación y función de los cristales de oxalato de calcio ya que no se tiene el conocimiento exacto de cuantas proteínas están involucradas en la formación de los cristales ni la función específica de cada una de ellas, no se conoce la interacción proteína- cristal a nivel molecular ni los mecanismos de regulación de la formación de los cristales.

Estudios estructurales son fundamentales para aclarar como es que las proteínas regulan el crecimiento de los cristales dentro de la célula, estos análisis cristalográficos podrían revelar características morfológicas determinantes en los diferentes tipos de cristales sintetizados por la planta, así como en las proteínas que regulan su crecimiento. Estudios genéticos nos darán la oportunidad de obtener información de los factores celulares que afectan la formación y crecimiento cristalino, así como los genes que regulan este proceso.

La presencia de cristales en el fruto de *Bursera* nos indica que una de las funciones de estos es el mantenimiento de los niveles de calcio, así como de soporte estructural. Su origen es genético, ya que el tipo de climas y de suelos, así como la distribución de las especies no influye con la presencia de estos cristales, sino un poco en la distribución de estos en las partes del fruto, la mayoría de las especies presentan con mayor abundancia los cristales en el endocarpo, lo que nos demuestra la función de soporte y protección para la semilla.

En el género *Bursera* no está bien definida la división entre el mesocarpo y el endocarpo. El mesocarpo está compuesto de células de parénquima. La consistencia del mesocarpo es debida a que presenta espacios intercelulares. Los canales de resina son de varios tamaños en las dos secciones del género y son de origen ezquisogénico y se encuentran en la parte

exterior del mesocarpo, estos canales siempre están asociados al floema de los haces vasculares colaterales que en algunas especies presentan crecimiento secundario. Algunas de las células de parénquima que rodean a los canales presentan cristales; esto es común en las dos secciones.

De acuerdo a Wannan and Quinn (1990) el endocarpo de Anacardiceae está dividido en dos tipos básicos: Tipo *Spondia* (tipo C antes mencionado) en donde el arreglo de las esclereidas es de forma irregular y el Tipo *Anacardium* en donde se incluyen el tipo A y B

El endocarpo del género *Bursera* presenta solo tres zonas de células de diferentes formas y distribución. Esto es más evidente en la sección *Bursera*, en la cual la primera zona, de la mayoría de sus especies, presenta células pequeñas y redondas pero sin la presencia de cristales; a excepción del grupo uno que si los presenta. En la sección *Bullockia*, se siguen presentando las tres zonas, solo que la primera zona presenta células con un cristal en su interior. Esto es más evidente en el grupo Copallifera de esta sección.

La segunda zona del endocarpo es la más heterogénea, ya que presenta en la sección *Bursera*, de uno hasta más de siete estratos; en donde el primer y último estrato presentan un cristal, a excepción del grupo tres que solo lo presenta en el primer estrato. En la sección *Bullockia*, esta zona en los dos grupos, la mayoría de las especies presentan cristal, solo las especies *B. sarcopoda* y *B. vejar-vazquezii*, no lo presentan.

En las especies de las dos secciones del género *Bursera*, la ocurrencia de células de esclerenquima distribuidas en forma irregular en la tercera zona del endocarpo indican que el endocarpo es de tipo *Spondias* (Wannan and Quinn, 1990).

Las características anatómicas de *B. tecomaca* no difieren a las encontradas en el grupo *Glabrifolia*, salvo que en la tercera zona del endocarpo se observa un estrato celular de esclerenquima con un arreglo que tiende a ser laminar, lo que no se observa en ninguna otra especie del grupo *Glabrifolia* analizado en este estudio.

Después de haber analizado tanto la morfología como la anatomía del fruto del género *Bursera*, se han establecido algunos caracteres y estados de carácter (cuadro 4), los cuales

podrían apoyar la clasificación del género. Se reconoce que hace falta una búsqueda de más caracteres y estados de carácter en más especies del género, así como estudios de embriología.

A) Morfológicos:

- 1.- Forma del fruto
 1. Trígona
 2. Ovoide a ovoide comprimido
- 2.- Presencia de líneas de dehiscencia.
 1. Visibles
 2. Poco visibles
- 3.- Cobertura del pseudoarilo
 1. Total
 2. Menos de 1/3
 3. Más de 2/3
- 4.- Color del pseudoarilo
 1. Amarillo pálido
 2. Rojo
 3. Amarillo-naranja

B) Anatómicos:

- 5.- Grosor de la cutícula
 1. Gruesa
 2. Delgada
- 6.- Relieve de la cutícula
 1. Lisa
 2. Rugosa
 3. Ondulada
- 7.- Estomas
 1. Elevados
 2. Al mismo nivel que células epidérmicas
- 8.- Tricomas
 1. Presentes
 2. Ausentes
- 9.- Tipo de cristales
 1. Monohidratados
 2. Drusas
- 10.- Ubicación de las drusas
 1. Exocarpo
 2. Mesocarpo
 3. Exocarpo y mesocarpo
- 11.- Canales de resina
 1. Ovalados
 2. Redondos
 3. Ovalados alargados
- 12.- Presencia de taninos
 1. Mayor presencia
 2. Poca presencia
- 13.- Primera zona del endocarpo
 1. Células isodiamétrica con cristal
 2. Células ovaladas y comprimidas sin Cristal.
- 14.- Segunda zona del endocarpo
 1. Primer y último estrato con cristal
 2. Primer estrato con cristal
 3. Último estrato con cristal
 4. Sin cristales
- 15.- Tercer zona del endocarpo
 1. Esclerenquima de forma irregular
 2. Esclerenquima en forma laminar

Cuadro 4. Caracteres y estados de carácter en el fruto de *Bursera*

X- CONCLUSIONES

- La forma del fruto en la Secc. *Bursera* es trígona y en Secc. *Bullockia* es predominantemente ovoide a ovoide comprimido (lenticular asimétrico).
- Las suturas en el fruto en la Secc. *Bursera* son más visibles que en *Bullockia*.
- La cobertura del pseudoarilo es completa en Secc. *Bursera* y parcial en Secc. *Bullockia*.
- El pseudoarilo se origina partir de las paredes mas internas del mesocarpo; a diferencia de un arilo que su origen es a partir de los tegumentos. Por lo tanto es correcto llamarlo pseudoarilo, por su origen en tejido del pericarpo. En todas las especies la forma celular es parecida y solo hay diferencia en el número de zonas celulares.
- Todas las especies presentan un exocarpo con epidermis simple y cutículas de diferentes grosores y relieves, algunas especies presentan estomas elevados; así como presencia de colénquima que presenta contenidos de taninos.
- Todos los grupos del género presentan un mesocarpo parenquimatoso con presencia de canales resiníferos de diferentes formas y acompañados de haces vasculares colaterales y con la presencia de cristales (drusas).
- El origen del endocarpo en el fruto del género *Bursera* es a partir de las paredes internas del ovario. Todas las especies del género presentan un endocarpo de tipo *Spondia*, (Wannan and Quinn; 1990) ya que la última zona celular presenta un arreglo de forma irregular en las células de esclerenquima, las más cercanas al lóculo.

- *Bursera tecomaca* presenta tres zonas celulares en el endocarpo al igual que todas las especies analizadas; por lo tanto no difiere a las encontradas en el grupo *Glabrifolia* propuesto por Becerra (2003).
- Las secciones del género, tanto *Bursera* como *Bullockia* siguen definidas por caracteres morfológicos como la forma, suturas, cobertura del pseudoarilo y color de este. Los caracteres anatómicos que definen a las secciones son: la cutícula y presencia de estomas en el exocarpo; la forma de los canales resiníferos y la presencia de haces vasculares colaterales en el mesocarpo y el número de zonas que presenta el endocarpo, así como la presencia de cristales en estas zonas.
- A nivel de grupos *sensu* Becerra las características anatómicas de todos los grupos muestran similitudes entre ellos, a excepción de las zonas del endocarpo que es necesario más estudios anatómicos y de embriología en más especies del género para corroborarlas.

XI- LITERATURA CITADA

- ANDRÉS, HERNANDEZ. 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.
- ANDRES, H. A. R. 2001 Análisis 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 en Ciencias (Biología Vegetal), UNAM, Facultad de Ciencias, México 83 pp.
- ANDRÉS, H. A. R. Y D. ESPINOSA 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.
- BARKLEY, F.A.1942. A key to the genera of the Anacardiaceae. *Am. Midl. Nat.*, **28**, 465-474.
- BARKLEY, F.A 1957. Generic key to the Sumac Family. *Lloydia*, **20**, 255-265.
- BARROSO, G.M, M.P, PEIXOTO, A.L Y C.L.F. ICHASO, 1999. *Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. Editora UFV, Viçosa.
- BECERRA, J Y L. 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. 2003 Evolution of Mexican *Bursera* (Burseraceae) inferred from ITS, ETS and 5S nuclear ribosomal DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 26: 300 – 309.
- BONFIL,C. MENDOZA, P y ULLOA, J. 2007. Enraizamiento y formación de estacas de siete especies del genero *Bursera*. *Agrociencia*. 41(001): 103-109 p.
- BRIZICKY, G. K. 1963. The genera of Sapindales in the southeastern United States. *J. Arnold Arbor.*, 44: 462-501.
- BULLOCK, A.A. 1936. Contributions to the flora of tropical America: XXXVII. Notes on the mexican species of the genus *Bursera*. *Kew Bull.*: 346–287.

- CARLQUIST S. 1988. *Comparative Wood anatomy*. Springer–Verlag. Berlin, 436p.
- CARMELLO-GUERREIRO,S.M. 1996. Morfologia, anatomia e desenvolvimento de frutos, sementes e plântulas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl., *Myracrodruon urundeuva* Fr. Allem. e *Astronium graveolens* Jacq. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio.
- CARMELLO- GUERREIRO, S.M. Y A. A. S. PAOLI, 2002. Ontogeny and structure of the pericarp of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). *Braz. Arch. Biol. Tech.*, 45: 73-79.
- CARVAJAL, J. 2005. ESTABLECIMIENTO DE POSTES DE CHACAH (BURSERA SIMARUBA, L. SARG.) COMO CERCO VIVO. LIVESTOCK RESEARCH FOR RURAL DEVELOPMENT. 17 (2).
- COPELAND, H. F. Y B. E. DOYEL, 1940. Some features of the structure of *Toxicodendron diversiloba*. *Am. J. Bot.*, 27: 932-939.
- DALY, D.C. 1993. Notes on *Bursera* in south America, including a new species, studies in neotropical Burseraceae vii. *Brittonia* 45: 240–246
- DE CANDOLLE, A. 1825. Prodrromus. Burseraceae. 2:785-92.
- DOYLE, J.A. Y C.L. HOTTON, 1991 Diversification of early angiosperm pollen in a cladistic contex. In: Blackmore, S., Barnes, S.H. (Eds.), Pollen and Spores. Clarendon Press, Oxford, England, pp. 169-195.
- EAMES, A. J. Y L. H. MACDANIELS 1947. *An introduction to plant anatomy*, ed. 2^a
- ENGLER, A. 1931. Burseraceae. In Engler, a. & K. Prantl. Die Natürlichen Pflanzenfamilien. *Band*. 19a: 405–456.
- ESAU, K. 1985 *Anatomía vegetal* 3^a edición. Edc. Omega pp.779
- FAHN, A. 1990. *Anatomía vegetal*. Blume. Madrid. 643p.
- FRANCESCHI V. 2001. Calcium oxalate in plants. *Trends Plants Sci* 6 pag 331.
- FONT–QUER P. 1953. *Diccionario de botánica*. Barcelona. Edit. Labor.
- GADEK, P.A., E.S. FERNANDO, C.J.QUIL, S.B. HOT, T. TERRAZAS, M.C. SHEAHAN, M. C. CHASE, 1996. Sapindales : Molecular Demilitation and infraordinal grups. *A. m. J. Bot.* 83, pp. 802-811.
- GALLAHER R. N. 1975. The occurrence of calcium in plant tissue as crystals of calcium oxalate. *Comm Soil Sci Plant Anal* 6, pp 315-321.

- GARCIA. X.2002. Efectos del ácido indolbitirico y de la estratificación en la formación de callos y de raíces en estacas de *Bursera simaruba*, L. Sarg, *Glicilicia sepium*(Jacq.). kunth. ex walp y *omphalea oleífera* Hemsl., tres especies potencialmente útiles para restauración ecológica. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Unam. 65 pp
- GARIBALDI. E. C. 1985. Anatomía de la madera y la 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. 105pp.
- GAVIÑO. G.T., C.L. Juárez y H.H.T. Figueroa. 1980. *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*. Limusa, México, D.F.
- GILLET, J. B. 1980. *Commiphora* (Burseraceae) in South America and its relationships to *Bursera*. *Kew bull.* 34: 569–587.
- GÓMEZ-VÁZQUEZ, G. 1983. Wood anatomy of *Bursera longipes* and *Bursera copallifera*. *IAWA Bull.* n.s. 4: 207-212.
- GÓMEZ-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., R. M. O. SANDOVAL, Y F. SANTOYO 1988. *Conocimiento de la flora medicinal nativa e introducida en el ejido "Paraíso", Distrito de Tuxtepec, Oaxaca*. UAM-Xochimilco.
- HUTCHINSON, J. 1969. Evolution and phylogeny of flowering plants. Dicotyledons, facts and theory. Academic Press, London.
- JANCHEN, E. 1949. Versuch einer swanglosen Kennzeichnung und Einteilung der Fruchte. *Osterr. Bot. Zt.* 96: 480-485.
- JOHANSEN, D. A. 1940 *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Nueva York.
- JOHNSON, M. B. 1992. The genero *Bursera* (Burseraceae) in Sonora, Mexico and Arizona, U.S.A. *Desert Plants* 10: 126-144.
- KOHLMANN, B. Y S. SANCHEZ COLON. 1984. Estudio areográfico del género *Bursera* Jacq. Ex L. (Burseraceae) en México: Una síntesis de métodos. En: E. Ezcurra *et al.* (eds), *Métodos cuantitativos en la biogeografía*. Instituto de Ecología, México, pp. 41-120.

- LANGENHEIM, J.H., 2003. *Plants Resins: Chemistry, Evolution, Ecology, and Ethnobotany*. Timber Press, Portland, Oregon, USA.
- LEVINA, R. E. 1961. On classification and nomenclature of fruits (Russian: o Klassifikatsii i nomenclature plodov). *Bot. Zhur. S.S.S.R.* 46: 488-495.
- MARCHAND, C. 1868. Recherches sur l'organisation des Burséracées. *Adansonia* 8: 17–72.
- MAZEN A. M. Y MAGHRABY O. M.O. 1998. Accumulation of Cadmium, lead and Strontium and a role of calcium oxalate in water hyacinth tolerance. *Biol. Plantarum* 40: 411-417.
- MCVAUGH, R. Y J RZEDOWSKI. 1965. Synopsis of the genus *Bursera* i. In western Mexico, with notes on the material of *Bursera* collected by Sessé y Mosiño. *Kew Bulletin*. 18: 317–382.
- MERXMULLER, H. 1968. Burseraceae. In H. Merxmuller (ed), *Prodromus einer Flora von Sudwest África*. Fam. 70. Lieferung 32. 10pp. J. Cramer, Lehre.
- MORENO, N. P. 1987. *Glosario botánico ilustrado*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Edit. E.C.S.A. PP 258.
- OLIVER, D. 1894 *Commiphora caryaefolia*, Oliv. Hooker's Icon. Pl (Sr.4/3) 23: pag. 2287.
- PIENAR, M. E. Y VON TEICHMAN, I. 1998. The generic position of *Lithraea brasiliensis* Marchnd (Anacardiaceae): evidence from fruit and seed structure. *Bot. J. Linn. Soc.*, 126: 327-337.
- PURATA, S. 1988. Conservación y manejo sustentable de madera de copal (*Bursera ssp*) para uso artesanal en Oaxaca. Propuesta al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. (B- 2- 98/ 009).
- 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. 1977. *Fruits of Angiosperms*. Gebruder Borntraeger, Berlin- Stuttgart. 675 pag.
- RZEDOWSKI, J. 1968. Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el estado de Guerrero (México). *An. Esc. Cienc.Biol.* (Méx), 17: 17–36
- RZEDOWSKI, J. Y H. KRUSE. 1979. Algunas tendencias evolutivas en *Bursera* (Burseraceae). *Taxon* 28 (1, 2/3): 103–116.
- RZEDOWSKI, J. 1986. VEGETACION DE MEXICO. EDITORIAL LIMUSA. MEXICO. 432 PP.

- RZEDOWSKI, J., R. MEDINA LEMUS, Y G. CALDERÓN DE RZEDOWSKI. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Bot. Mex.* 70: 85-111.
- SANDOVAL, E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. Cuadernos del Instituto de Biología 38. UNAM. Mexico D:F
- SASS, J. E. 1961. *Botanical microtechnique*. 3a ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. U.S.A.
- SCHWEINFURTH, G. A. 1899. *Commiphora* (in Sammlung arabischaethiopischer Pflanzen). *Bull Herb. Boisser* 7, Appendix 2: 283-295.
- SOOS, E. Y HAUSKNOST, M. 1951. Die Frucht von *Schinus molle* L., dem Pfeffestrauch (Anacardiaceen). *Scientia Pharmaceutica*, 19 : 213-219.
- SPUJT, R.W. 1994. A systematic treatment of fruit types. *Mem. N. Y. Bot. Gard.*, **70**, 1-82.
- STANDLEY, P.C. 1923. Trees and shrubs of México. *Contr. U.S. Nat. Herb.* 23: 542-552.
- STERLING, C. 1953. Developmental anatomy of the fruit of *Prunus domestica*. *Bull. Torrey Bot. Club* 80: 457-477.
- SUÁREZ, R.G. Y E.M. ENGLEMAN. 1982. Estudio de los canales resiníferos de la corteza de *Bursera copallifera* y *Bursera grandifolia*. *Bolet. Socied. Botánic. Méxic.* 42:41-54.
- TERRAZAS-SALGADO, T. 1994. *Wood anatomy of the Anacardiaceae: ecological y phylogenetic interpretation*. Ph.D. dissertation, University of North Carolina, Chapel Hill, NC.
- THULIN Y WARFA. 1986. The Frankincense Trees (*Boswellia* spp.; Burseraceae) of Northern Somalia and Southern Arabia. *Kew Bull.* 42: 487-500.
- TOLEDO-MANZUR, C. A. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en Guerrero (México). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 182 p.
- TOLEDO-MANZUR, C. A. 1984. Contribuciones a la flora de Guerrero: tres especies nuevas del género *Bursera* (Burseraceae). *Biotica*. 9 (4): 441-449.
- VALLE, M. 1996. Estructura genética de poblaciones de *Bursera cuneata* (Burseraceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias. UNAM. México. 182 pp.

- VOLK G. M, LYNCH-HOLM V.J, KOSYMAN T. A, GOOS L J Y FRANCESCHI V.R. 2002. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* leaves. *Plant Biol.* 4: 34-45.
- VAN DER WALT, J. J.A. 1975. The fruit of *Commiphora*, *Boissiera* 24:325–330.
- VON TEICHMAN, I. 1989. Reinterpretation of the pericarp of *Rhus lancea* (Anacardiaceae), *S. Afr. J. Bot.*, **55**, 383-384.
- VON TEICHMAN, I. Y A. E. VAN WYK 1991. The generic position of *Protorhus namaquensis* Sprague (Anacardiaceae): evidence from fruit structure. *Ann. Bot. (Lond.)*, **73**, 175-184.
- WANNAN, B. S. Y C. J. QUINN (1990), Pericarp structure and generic affinities in the Anacardiaceae. *Bot. J. Linn. Soc.*, **103**, 225-252. Received
- WEEKS A. 2003. The molecular systematics and biogeography of the Burseraceae. Ph.D. dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, Texas, USA
- WILD, H. 1959. A revised classification of the genus *Commiphora* Jacq. *Bol. Soc. Brot.* 33: 69-95.