



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**MADERA DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA
EUPHORBIACEAE**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:
ALMA JANET ORTIZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTORA:
DRA. ROSA ANDRÉS HERNÁNDEZ**

**CODIRECTORA:
SOMBRA PATRICIA RIVAS ARANCIBIA**

PUEBLA, PUE. DICIEMBRE 2021



AGRADECIMIENTO

Agradezco a la institución, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por brindarme el espacio y las herramientas para cumplir mis objetivos.

A la Facultad de Ciencias Biológicas por formarme como profesional, a sus catedráticos que enriquecieron mi conocimiento y desarrollo, brindándome experiencias maravillosas e inolvidables.

Mi más sincero agradecimiento a mi asesora, la doctora Agustina Rosa Andrés Hernández, quien con su apoyo y conocimientos me guio a través de este proyecto, alcanzando los resultados deseados, marcando una etapa muy importante en mi camino universitario.

DEDICATORIA

A mis padres, por la confianza, el amor y apoyo que siempre han brindado.

A mis amigos por todo el apoyo, a mis compañeras de laboratorio por las maravillosas experiencias dentro y fuera de la institución.

A Silvia Aguilar, por estar conmigo en todo momento y hacer de la universidad una de las mejores etapas.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. ANTECEDENTES	15
2.1. Estudios ecológicos de la madera	15
2.2. Anatomía de la madera de Euphorbiaceae	17
2.2.1. Género <i>Jatropha</i>	21
2.2.2. Estudios anatómicos en <i>Cnidoscolus</i>	25
III. OBJETIVOS	30
3.1. General	30
3.2. Particular	30
IV. HIPOTESIS	30
V. MATERIAL Y MÉTODOS	31
5.1. Área de estudio	31
5.2. Colecta de material	32

5.3. Análisis fenético	33
VI. RESULTADOS	35
6.1. Descripción	35
6.1.2. Género <i>Cnidoscolus</i>	35
6.1.3. <i>Cnidoscolus pubescens</i>	39
6.1.4. <i>Cnidoscolus spinosus</i>	41
6.1.5. Género <i>Jatropha</i>	43
6.1.6. <i>Jatropha chamelensis</i>	45
6.2. Análisis fenético	48
VII. DISCUSIÓN	51
VIII. CONCLUSIONES	56
IX. BIBLIOGRAFÍA	57

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Número de ejemplar registrado y zona de colecta.	34
Cuadro 2. Caracteres para la determinación de los ejemplares.	47
Cuadro 3. Análisis de Componentes Principales (PCA) con caracteres cualitativos de la madera.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Corte anatómico de la madera del género <i>Cnidoscolus</i> . Fibras libriformes y septadas (1A). Radios heterogéneos tipo 1 de células cuadráticas y procumbentes (1B). Punteaduras escalariformes (1C). Radios tipo I con células procumbentes y erectas (1D). Punteaduras simples (1E).	38
Figura 2. Corte anatómico de la madera del género <i>Cnidoscolus pubescens</i> . Madera de porosidad difusa (2A). Radios con 2 células de grosor, de 3 a 27 células a lo largo (2B). Punteaduras simples (2C). Radios heterogéneos tipo IIA, radios compuestos por células cuadráticas y procumbentes (2D).	40
Figura 3. Corte anatómico de la madera del género <i>Cnidoscolus spinosus</i> . Elementos de vaso solitarios (3A). Punteaduras escalariformes (3B). Fibras libriformes y gelatinosas (3C). Radios compuestos por células cuadráticas y procumbentes (3D).	42
Figura 4. Corte anatómico de la madera del género <i>Jatropha</i> . Porosidad difusa (4A). Placa de perforación simple (4B). Fibras libriformes y radios uniseriados (4C). Punteaduras alternas (4D).	44

Figura 5. Corte anatómico de la madera del género <i>Jatropha</i> <i>chamelensis</i> . Porosidad difusa (5A). Punteaduras alternas y placa de perforación simple (5B). Presencia de tílides (5C). Radios homogéneos (5D).	46
Figura 6. Análisis de Componentes Principales (PCA) en 11 ejemplares con 12 caracteres cualitativos de la anatomía de la madera.	50
Figura 7. Fenograma de 12 caracteres anatómicos de la madera que muestra las distancias entre los 11 ejemplares estudiados, agrupando aquellos con mayor similitud.	50

RESUMEN

Los géneros en Euphorbiaceae tienen pocos estudios, la mayoría enfocados en la determinación de estructuras morfológicas con fines taxonómicos. Se estudió la estructura anatómica de once ejemplares de la familia Euphorbiaceae colectadas en cuatro localidades diferentes; en el estado de Puebla, se colectó en el municipio de Hueyapan y en el cerro el Tentzo, en el estado de Querétaro se tomaron muestras en Pinal de Amoles y en la carretera a la Cascada al Cielo. El objetivo del estudio fue analizar los caracteres anatómicos que contribuyan a la determinación de ejemplares de la familia Euphorbiaceae, destacando la importancia de los caracteres cualitativos. Los ejemplares colectados, fueron fijados, ablandados con glicerina, cortados con micrótopo de deslizamiento a 30 micras, posteriormente lavados, sometidos a técnicas de tinción y fijado con resina sintética. Se destaca la presencia de dos géneros, *Jatropha* y *Cnidoscolus*, donde se reconocen caracteres representativos como parénquima paratraquel vasicéntrico, elementos de vaso con punteaduras simples y fibras libriformes. De acuerdo con el análisis anatómico se obtienen caracteres representativos para la identificación de tres especies; *Cnidoscolus pubescens* destaca por contenidos dentro de células radiales, mientras que en *Cnidoscolus spinosus* se encontraron fibras de tipo gelatinosas, además de las libriformes y radios de tipo I y en *Jatropha chamelensis* donde observó a presencia de tílides para su identificación. El estudio anatómico permite aclarar posibles controversias en la determinación de los géneros de la familia, como los que se encontraron en *Jatropha* y *Cnidoscolus*.

ABSTRACT

The genera in Euphorbiaceae have a few studies, most focused in morphological structures for taxonomic purposes. The anatomical structure of eleven specimens of Euphorbiaceae family collected in four different locations was studied; in the state of Puebla, it was collected in the municipality of Hueyapan and in the Cerro El Tentzo; in the state of Querétaro, samples were taken in Pinal de Amoles and on the road to the Cascada al Cielo. The objective of the study was to analyze the anatomical features that contribute to the determination of specimens of the Euphorbiaceae family, highlighting the importance of qualitative features. The collected specimens were fixed, softened with glycerin, cut with a sliding microtome at 30 microns, later washed, put through staining techniques and fixed with synthetic resin. The presence of two genus stands out, *Jatropha* and *Cnidoscolus*, where representative traits are recognized such as vasicentric paratrecheal, vessel elements with simple pits and libriform fibers. According to the anatomical analysis, representative features are obtained for the identification of three species; *Cnidoscolus pubescens* stands out for its contents within radial cells, while gelatinous fibers were found on *Cnidoscolus spinosus*, in addition to the libriform and tyoe I rays, and in *Jatropha chamelensis* where the presence of tyloses was observed for their identification. The anatomical study allows to clarify possible controversies in the determination of the family genera, such as those found in *Jatropha* and *Cnidoscolus*.

I. INTRODUCCIÓN

La taxonomía como disciplina tiene el objetivo de ordenar y clasificar a los seres vivos, dentro de las actividades que comprende esta disciplina está la clasificación, encargada de agrupar especímenes según ciertas características, actualmente esto permite establecer relaciones genealógicas, además se le asigna un nombre en diferentes categorías taxonómicas, de acuerdo con lo establecido por el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, por último, la determinación de cierto organismo busca ubicarlo dentro de un sistema de clasificación. De esta manera, se proporciona un sistema de información biológica, de donde se pueden obtener información de cierto espécimen para determinar sus usos, por ejemplo, si son comestibles, medicinales, ornamentales o tóxicos (Villaseñor, 2001). Sin embargo, a medida que profundizamos en el sistema de clasificación, resulta más complicado determinar a los organismos por la variabilidad que puede presentar, por lo tanto, existen organismos aún sin determinar o con algún tipo de conflicto.

Como sistema de clasificación, la sistemática busca un enfoque histórico el cual da la base para entender importantes procesos biológicos como adaptación al ambiente o el contexto de las relaciones filogenéticas de las especies (Contreras, 2014). Dentro de esta rama de la biología encontramos tres escuelas, la cladista, fenética y evolutiva, cada una permite relacionar a los organismos bajo diferentes criterios. En el caso de la escuela fenética, los taxónomos proponen clasificaciones donde se tome en cuenta la mayor cantidad de caracteres posibles

a medir, contar u observar en el organismo, analizándolo con técnicas numéricas y clasificando con base en la similitud total, estableciendo la propuesta de OTU's (Unidad Taxonómica Operativa), lo equivalente a especie, representando el grado de similitud en fenogramas (Goyenechea, 2007).

Para llegar a la formación de un fenograma, se comienza estableciendo las similitudes, siendo el análisis de clúster el más utilizado, encargado de formar grupos con características similares a partir de las similitudes o disimilitudes entre las unidades básicas de caracterización (UBC). Para lograr un método de aglomeración correcto, se busca unir las UBC's con el máximo parecido en la matriz de distancias o índice de similitud, denominando a este primer grupo formado como nudo con un solo valor con respecto a las demás UBC's, permitiendo rehacer la matriz de similitud o disimilitud, proceso que se repite hasta tener la raíz del dendrograma, de manera que entre más grande sea la distancia o más pequeño sea el índice de similitud entre las agrupaciones, más diferentes son. La mayoría de los métodos para generar dendrogramas son jerárquicos, el método de ligamiento promedio no ponderado (UPGMA) destaca por ser uno de los más utilizados, donde el recalcado de la matriz de distancias o de índices de similitud se hace promediando los valores de las distancias o de los índices de similitud de las UBC's del nudo o grupo con el de las otras UBC's (Nuñez, 2011).

De manera complementaria, tenemos los análisis de ordenamiento de la varianza generalizada (PCA), utilizados para reducir dimensiones y explorar la estructura

total de la nube de datos, estimando distancias en direcciones diferentes para obtener la resolución de los promedios de muestras que son significativamente diferentes entre sí, observando así las diferencias entre los puntos a través de un fenograma de similitud (Luna, 2020).

La diversidad de rasgos morfológicos y/o anatómicos permite diferenciar a las especies de una región determinada y así contribuir a esclarecer las relaciones filogenéticas entre los miembros de un género (Malbrán, 2018).

El estudiar la totalidad de las especies de un área dada involucra una serie de ventajas inmediatas; por ejemplo: constituye la mejor base para obtener una visión general y clara de las tendencias que en esa área se presentan en cuanto a la estructura de la madera; nos permitirá elaborar claves de identificación locales, de uso potencial y real a diversos niveles; podremos correlacionar la anatomía de las especies con aspectos climáticos, taxonómicos y evolutivos de la zona (Barajas, 1989).

La anatomía de la madera contribuye a la determinación de especies, predecir usos adecuados, y evaluar la aptitud tecnológica de la madera (Gimenez *et al.* 2005). Se sabe que la estructura anatómica de la madera es producto de dos factores, la herencia y la adaptación, y el empleo exitoso de caracteres anatómicos para fines sistemáticos depende de que podamos distinguir los caracteres heredados constantes de los que se deben a la influencia del medio ambiente (Rendle, 1932). Los estudios sobre la anatomía de la madera serían

importantes para aclarar las estrategias de adaptación y su relación con la baja disponibilidad de agua, además de que permite la identificación de especies sin material reproductivo en bosques tropicales. También se ha demostrado que la anatomía de la madera es importante en el estudio de la disposición interna de las familias y las probables afinidades entre diferentes taxones, contribuyendo a aclarar las relaciones filogenéticas entre plantas (Campolina, 2017).

Es importante recalcar que la variación en la estructura anatómica puede ocurrir en individuos de la misma especie y puede considerarse cuando la identificación se lleva a cabo en la búsqueda de la aplicación de sus propiedades, además de que permite distinguir si una especie se deriva o no de cierta región por la presencia de cristales en células radiales o bien por la presencia de alguna estructura específica que puede considerarse como histórica (Jahanbanifard, 2020).

El presente trabajo busca determinar y describir a nivel especie seis ejemplares de la familia Euphorbiaceae, utilizando caracteres anatómicos de la madera, además de los caracteres morfológicos, que puedan contribuir a determinar los posibles usos y aplicaciones de estos ejemplares, así mismo de servir como información para futuras investigaciones que establezcan relaciones filogenéticas.

II. ANTECEDENTES.

2.1. Estudios ecológicos de la madera.

La relación entre la estructura de la madera y las características climáticas han sido extensamente estudiada por mucho tiempo, a través de éstos estudios nos damos cuenta que la anatomía de la madera es un importante indicador ecológico (Barajas-Morales, 1985). Aguilar Rodríguez (2001) realizó junto con colaboradores algunas de estas investigaciones, donde determinan una relación anatomía-densidad de especies maderables, y reconocen que la densidad de la madera, asociada con el peso y dureza de la misma, está ligada a las condiciones climáticas de la región, para lo cual cuantificaron la gravedad específica de maderas de varios taxones en zonas tropicales, además de considerar características cuantitativas de anatomía de la madera de tres especies del género *Jatropha*, notando que su gravedad específica estaba en un rango más bajo, comparado con otras especies de Euphorbiaceae (*Adelia oaxacana*).

Comparando especies de los trópicos con especies subtropicales o de regiones templadas, Graaff y Baas (1974), mencionan que la longitud de los elementos de vaso, número de barras en la placa de perforación y la longitud de fibras, disminuye al aumentar la latitud, contrario a la frecuencia de los vasos, su grado de agrupación, frecuencia y tamaño de punteaduras tangenciales bordeadas de las fibras, donde aumenta con la latitud.

De acuerdo con Fritts (1976), las condiciones ambientales varían a lo largo de la vida de una planta y puede limitar su crecimiento y afectar su estructura, los factores limitantes pueden ser internos (minerales, reguladores de crecimiento, enzimas y agua) o externos (temperatura, luz, dióxido de carbono, agua), recalcando que uno de los principales efectos ante el estrés hídrico en la especiación es la reducción de tamaño de las células o bien, el cambio en el grosor de la pared celular.

Los estudios de Mennega (1987) consideran que las paredes gruesas en fibras, vasos con placa de perforación con punteaduras escalariformes, elementos de vaso largos, punteaduras de vaso de tamaño medio y similares a las de los radios, fibras largas y no septadas, parénquima en bandas difusas o en bandas irregulares con grosor de una célula, son caracteres primitivos y los más avanzados son elementos de vaso con placa de perforación simple, de longitud mediana, con pequeñas punteaduras intervasculares, parénquima axial ausente o raro, escasamente paratraqueal y presencia de fibras con pared delgada, septadas y libriformes, en especies de la subfamilia Crotonoideae. Sin embargo, los caracteres de anatomía de la madera interpretados como primitivos, según lo propuesto por Carlquis (2001), es el parénquima en agregados difusos, fibras largas, no septadas y con pared gruesa, punteaduras bordeadas en paredes tangenciales y radiales, elementos de vasos largos, con diámetro pequeño y placas de perforación escalariformes.

Recientemente Weidenhoeft *et al.* (2008), menciona que la presencia de células radiales perforadas, cristales en posición vertical, células procumbentes, parénquima en agregado difuso son indicadores de un hábitat xérico.

2.2. Anatomía de la madera de Euphorbiaceae.

La familia muestra gran variación, siendo difícil presentar una diagnosis general de ella. Sin embargo, destaca la presencia de paredes gelatinosas en fibras (Mennega, 1987), además de que suele presentar porosidad difusa, elementos de vaso con punteaduras simples, principalmente. El tejido parenquimático axial predominantemente apotraqueal difuso y en agregados. En cuanto a la composición de los radios, hay presencia constante de radios uniseriados, el tipo celular puede variar, en caso de ser homocelulares suele ser de células procumbentes. Además, se ha reportado la presencia de sustancias minerales en forma de cristales prismáticos (León & Chavarri, 2006).

Para el caso de las subfamilias, la estructura de la madera indica una relación cercana entre Acalyphoideae, Crotonoideae y Euphorbioideae, comparadas con Phyllanthoideae y Oldfieldioideae (Mennega, 2005).

Metcalf y Chalk (1950) reportan que la madera de la familia Euphorbiaceae no suele ser tan diferente entre sus representantes. Sin embargo, rescata que la subfamilia Oldfieldioideae tiene una relación estrecha con la subfamilia Phyllanthoideae, destaca que la subfamilia Crotonoideae tiene una estructura de la

madera más uniforme, diferente de la subfamilia Phyllanthoideae, dentro de la cual se hacen una clasificación de los géneros por la similitud con la estructura del género *Aporusa* y el género *Glochidion*, indicando que los organismos con placa de perforación escalariforme, parénquima difuso en bandas cortas o irregulares, fibras no septadas con pared gruesa y radios heterogéneos, pertenecían al grupo A de *Aporusa*, los ejemplares con placas de perforación simple, parénquima ausente o en bandas y fibras de pared delgada se clasificaban en el grupo B de *Glochidion*.

Mennega (1987) retoma la descripción de caracteres anatómicos de la madera de tribus pertenecientes a la subfamilia Phyllanthoideae establecida por Metcalfe y Chalk (1950), reconociendo los dos grupos, de acuerdo a la similitud entre la madera, donde se encuentran las cinco tribus con madera parecida al género *Aporusa* que tiene parénquima difuso o en bandas cortas, estrechas e irregulares, fibras no septadas, largas y de paredes gruesas, radios altos, anchos y heterogéneos, elementos de vaso largos con placas de perforación escalariforme, y las siete tribus clasificadas con madera similar al género *Glochidion*, tiene elementos de vasos con placas de perforación simple, la longitud puede ir de 350 hasta 1090 μm , punteaduras largas o medianas de 5 a 12 μm , mayormente encontramos parénquima paratraqueal, en dos casos es ausente, los radios pueden ir de ser uniseriados a multiseriados, de 3 a 8 células, heterogéneos, compuestos principalmente por células procumbentes o cuadráticas, fibras septadas, raramente no septadas, su longitud está un rango de 580 a 2175 μm , con paredes moderadamente gruesas y lumen amplio. Menciona, además, que las

fibras en esta subfamilia suelen ser de dos tipos; en el tipo I el grosor de la pared en las fibras es normal, en el tipo II las fibras tienen una pared muy gruesa, que impide el paso de la luz y muestra una refracción anormal, característica que comparte con la subfamilia Oldfieldioideae.

En cuanto a la subfamilia Oldfieldioideae se describe con anillos de crecimiento marcados, con elementos de vaso de perforación simple, sin embargo, se ha encontrado en algunos estudios, géneros con punteaduras escalariformes. Se reconocen tálides y taninos en elementos de vaso. Las fibras son de tipo libriforme, con bandas de fibras gelatinosas, con fibras de pared delgada y en pocas ocasiones con fibras septadas. Los radios son registrados como heterocelulares, en ocasiones homocelulares con células procumbentes (Hayden, 1994).

Mennega (2005) compara la anatomía de la madera de las subfamilias Euphorbioideae y Acalyphoideae, señalando que sus principales características en común son elementos de vaso pequeños en agrupados de 2 células o más, el parénquima suele ser apotraqueal, escasamente paratraqueal, regularmente difuso en agregados y con cristales romboidales.

La subfamilia Euphorbioideae destaca por los elementos de vaso estrechos, con placas de perforación que pueden ser simples o escalariformes, y se integran con traqueidas vasculares. No hay registro de presencia de fibras septadas, excepto en un género (*Euphorbia*). Los radios normalmente son uniseriados o biseriados, son de tipo heterocelular, mayormente erectas, solo en tres géneros de

Euphorbiodeae son de tipo homocelular (*Grimeodendrum*, *Hippomane* y *Hura*), en ambas subfamilias las células radiales están perforadas. Acalyphoideae es reconocida como una de las subfamilias más complejas de la familia Euphorbiaceae, que a pesar de tener una anatomía de la madera bastante homogénea, aún se encuentra inconclusa la descripción por la tribu *Chaetocarpeae*. Se caracteriza por placas de perforación únicamente simple, con fibras libriformes, de pared delgada, parénquima difusa y no difusa en agregados, con radios uniseriados, heterocelulares compuesto principalmente por células procumbentes (Prakesh, 2016).

Dentro de la misma investigación, Mennega (2005) señala que Crotonoideae frecuentemente presenta un tejido vascular grueso formado por fibras con un lumen ancho, principalmente en géneros como *Leeuwenbergia*, *Micrandropis* y en una especie de *Pausandra*. La distribución del parénquima es principalmente apotraqueal en bandas estrechas, continuas o irregulares, además de tener un acomodo en agregados difusos; en *Cnidoscolus* comúnmente es de tipo vasicéntrico paratraqueal, a veces parcialmente confluyente. Las punteaduras de las paredes son largas en muchos géneros, entre 4 y 16 μm . Las fibras de tipo septadas en juxtaposición a fibras no septadas, comúnmente en *Cnidoscolus*, *Jatropha* y *Manihot*.

A nivel de la tribu Jatropheae, es un grupo que se distingue por tener los elementos de vaso en hileras radiales, con un diámetro promedio de 90 μm , elementos de vaso de longitud media de 439 μm y con placas de perforación

simples, las punteaduras intervasculares suelen ser opuestas, circulares y bordeadas, con un diámetro promedio de 8.2 μm . Las fibras no suelen presentarse en forma septada, normalmente son de tipo libriforme, con un largo promedio de 734 μm , de un diámetro promedio de 23 μm y con pared de doble espesor, aproximadamente de 6.5 μm . El parénquima frecuentemente difuso o difuso en agregados. Los radios generalmente están presentes de 12 a 26 por mm/lineal; exclusivamente radios uniseriados o biseriados, el promedio del ancho del radio es 22 μm , y de largo 641 μm , de 6 a 18 células a lo largo; normalmente son radios de tipo homocelulares, compuestos por células erectas o cuadradas (Prakash, 2016; Oladipo *et al.*, 2012).

2.2.1. Género *Jatropha*.

Sobre el género *Jatropha*, Heller (1996) lo describe morfológicamente como hierba, arbusto o árboles, a veces carnosas, generalmente con látex, hojas simples, alternas, a veces opuestas, con estípulas; inflorescencias variadas, flores unisexuales, monoicas y a veces dioicas, perianto nulo; flores estaminadas con uno o muchos estambres libres o monadelfos; ovario súpero, tricarpelar y trilobular con 1 ó 2 óvulos por lóbulo y basalmente unidos, fruto tricarpelar; semilla con endospermo graso y carnosos con carúncula sobre el micrópilo, asociado a zonas tropicales y subtropicales, selvas bajas y matorrales xerófilos (Martínez, 2002).

Pérez-Jiménez describe a *Jatropha chamelensis* como árbol dioico, caducifolio, de hasta 12 metros de alto, con ramas ascendentes que se vuelven horizontales, con

corteza externa lisa, corteza interna moreno rosada, madera amarilla, blanda, con porosidad difusa y rayos delgados, látex rojizo, en ramas el látex es amarillo viscoso, el acomodo de las hojas es espiral, simples, con margen ciliado o glanduloso, ápice obtuso o apiculado, base cordada, de color verde claro en el haz, glabras en ambas superficies, con 5 nervios, las inflorescencias masculinas cimosas, actinomorfas de 15 mm de largo, pedicelos de 6 a 10 mm de largo, cáliz verdoso de 3 mm de largo, tiene de 1 a 3 flores femeninas, actinomorfas, sobre pedúnculos de 6 a 10 mm de largo, con pubescencia amarilla; corola con 5 sépalos, de 10 mm de largo, verdosos, con pubescencia seríceo vilosa en ambas superficies, la externa glauca, corola gamopétala, lila a rosado intenso, globosa, de 15 mm de largo y 10 mm de diámetro en la base; con 5 lóbulos imbricados, de 3 a 5 mm de largo, de ovario súpero, verde, trilobular, sobre un disco basal amarillo; 3 estilos, unidos en la base, verde amarillentos y 3 estigmas. Mientras que las investigaciones específicas de especies del género *Jatropha* en el trabajo realizado por Barajas-Morales (1989), las especies de selva baja caducifolia, donde se redactan características anatómicas de la madera de *Jatropha chamelensis*, indicando la presencia de vasos con porosidad difusa con poros ovalados solidarios y en cadenas radiales de 2 a 6 células, con diámetro tangencial de 202 μm en promedio. La longitud de los elementos de vaso es moderadamente corta, con promedio de 296 μm (180-4470 μm), la placa de perforación simple con inclinación de 45° , punteaduras intervasculares alternas de 9 a 12 μm ; con tílides. El parénquima axial es de tipo apotraqueal difuso en bandas cortas y paratraqueal vasicéntrico muy abundante; con series de 4 a 6 células y escasos cristales romboidales. En el parénquima radial es de numerosos

radios, homogéneos, la mayoría biseriados con algunos uniseriados todos formados de células cuadradas; son muy bajos con altura promedio de 904 μm ; también presentan escasos cristales romboidales. Las fibras son de tipo libriforme y medianas, con longitud promedio de 1000 μm (912-1,272 μm), paredes muy delgadas de 2 μm de espesor y 25 μm de diámetro tangencial, además de presentar abundantes punteaduras simples. Las investigaciones de Ramírez Delgadillo y colaboradores (2006), señalan que la especie fue determinada como endémica de Jalisco, que abarca la región de Chamela y ha logrado una ampliación de su área de distribución, extendiéndose al sur.

De la especie *Jathopa stendeleyii*, la investigación indica presencia de elementos de vaso con poros ovalados y angulosos, principalmente solitarios y en grupos radiales múltiples, con diámetro tangencial de 151 μm en promedio, de longitud mediana, de 467 μm en promedio (404 -536 μm), la placa de perforación simple con inclinación de 45°, puntuaciones intervasculares alternas de 12 a 14 μm de diámetro, puntuaciones de vaso a radio grandes, redondas y alargadas. El parénquima axial es de tipo apotraqueal difuso abundante, dispuesto en bandas tangenciales uniseriadas y paratraqueal vasicéntico; con series de 3 a 5 células y cristales romboidales presentes. El parénquima radial contiene numerosos radios, heterogéneos, uniseriados principalmente, se forman de células cuadradas en el cuerpo del radio y erectas en los márgenes; son muy bajos con altura promedio de 799 μm . Presentan abundantes cristales romboidales. Las fibras son de tipo libriforme extremadamente cortas, con longitud promedio de 785 μm (649-949

μm), pared muy delgada de 2 μm de espesor y 23 μm de diámetro tangencial. Se presentan algunas fibras gelatinosas.

Bir Bahudur (2013), realizó un estudio donde redactan características de la anatomía de la madera de 11 especies del género *Jatropha* en India; hacen mención a los caracteres plesiomórficos del género. Entre estas características se destaca la porosidad difusa, remarcando la presencia de múltiples vasos radiales solitarios, con un diámetro de vasos considerado como muy pequeño (55-85 μm), pero con una longitud de 350 a 500 μm , clasificados como largos, la placa de perforación es simple y oblicua, el diámetro de las punteaduras de vaso están un rango de 4 a 10 μm ; el parénquima mayormente uniseriado, apotraqueal y raramente paratraqueal. Las fibras presentes, no suelen ser de tipo libriformes, ni septadas, su longitud está entre 150 y 550 μm con un ancho que va de 11 a 25 μm , el grosor de la pared es en promedio de 4.0 μm . Los laticíferos son totalmente ausentes en la madera. Los radios son uniseriados y de tipo homocelular, el cual se encuentra relleno de granos de almidón. La longitud puede ser entre 300 y 1100 μm , el ancho de 20 a 30 μm . Tíldes están claramente presentes en *Jatropha curca*, *Jatropha podragrica* y *Jatropha tanjorensis*.

De acuerdo con lo estudiado, se reconoce que en las especies de la subfamilia Crotonoideae muchas de las características de anatomía de la madera son evidentemente primitivas, excepto por algunos caracteres avanzados como placas de perforación simple y porosidad difusa y fibras con paredes delgadas a gruesas, (Prakash, 2016). De lo encontrado en la tribu Jathopheae, se resalta que la

ausencia de muchas variaciones en la anatomía de la madera de los miembros del género *Jatropha*, apoya su delimitación genérica y el tratamiento taxonómico actual basado en morfología y evidencia anatómica foliar (Oladipo, 2012).

2.2.2. Estudios anatómicos en *Cnidoscolus*.

En el caso género *Cnidoscolus*, a pesar de ser considerado como un género de importancia económica y de con gran representación en México, no ha recibido mucha atención por parte de los coleccionistas botánicos (Longworth, 1945). En un nivel más detallado, se sabe que *Cnidoscolus* tiene un número considerable de especies estrechamente endémicas, 32 microendémicas y 24 endémicas regionales. Brasil es el país con mayor número de especies estrechamente endémicas, con 18 microendémicas y 8 endémicas regionales, México tiene 3 especies microendémicas y nueve endémicas regionales, en Cuba se encuentran dos especies microendémicas y dos endémicas regionales, el resto de los países donde se llegan a encontrar especies de *Cnidoscolus*, llegan a tener menos de tres endémicas regionales o microendémicas, (Maya-Lastra y Steinmann, 2018). A partir de lo cual se puede esperar encontrar datos de gran utilidad en análisis de caracteres anatómicos de la madera del género, sin embargo, aún no hay suficientes registros.

Jiménez-Arellanes y colaboradores (2014) describen morfológicamente al género *Cnidoscolus* como herbáceas, arbustos o arboles de 30 metros de alto, diámetro

basal de 2 a 40 centímetros cuando son arbustos, las hierbas están armadas de pelos punzantes, tallos más gruesos con pelos lignificados y punzantes, corteza de color gris claro o rojizo, con látex blanco, hojas mayormente coriáceas, estípulas persistentes, variables en forma y margen, pecíolos largos y urticantes, con glándulas de forma y número variable, sus inflorescencias son bisexuales, cimosas, dicotómicas o tricotómicamente ramificadas, flores pistiladas, solitarias en los nudos inferiores, monoclamidas, de color blancas o crema, con androceo de 4 a 25 estambres, raramente libres, estambres dispuestos en 2 a 6 verticilos, con disco nectarífero en la base de la columna estaminal, con polen globoso, fruto generalmente en una cápsula seca pero raramente carnosa e indehiscente. El género *Cnidoscolus* se caracteriza por tener su centro de diversificación en México, asociado a selvas bajas y matorrales xerófilos, que en nuestro país podemos encontrar desde la Península de Baja California, pasando por Sonora, el suroeste de Chihuahua hasta Chiapas. Existen zonas aisladas de selva baja al sur de Tamaulipas, suroeste de San Luis Potosí, el extremo norte de Veracruz y en el noreste de Querétaro. Para el caso de matorral xerófilo, lo encontramos en zonas del estado de Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Puebla y Oaxaca (Martínez, 2002).

Existen investigaciones sobre el género *Cnidoscolus* donde se estudian las características anatómicas de hojas y madera debido a la presencia de metabolitos secundarios con propiedades biológicas importantes identificados como representantes del género. Campolina-Márquez (2017) describe a *Cnidoscolus pubescens*, planta característica por ser punzante y lactescente, que

puede llegar a medir de 6 a 10 metros de altura. Su tronco ramificado y cilíndrico que puede medir de 25 a 14 cm de diámetro, tiene una corteza desde protuberancias esparcidas en puntos dispersos de las ramas. Sus hojas son alternas, simples, de hoja larga, de 3-5 lóbulos, con márgenes ligeramente denticulados, de 20 a 30 cm de ancho y de color verde claro. Florece durante los meses de octubre a diciembre y los frutos maduran de mayo a julio, con inflorescencias blancas presentes en cumbres terminales y con frutos de tipo cápsula leñosa trugónica, con la superficie dotada de espinas punzantes, indehiscentes, muy duras, de 1 a 3 semillas.

Cnidoscolus pubescens es una especie asociada a climas semiáridos y zonas subtropicales secos en México, con una gran inversión metabólica en la producción de protección frente a la herbívora, en forma de cristales drusos, gran cantidad de laticíferos y tricomas urticantes. Esto lo convierte en un objetivo interesante para futuros estudios de actividad fitoquímica y biológica, ya que puede ser un riesgo para los animales o incluso una fuente de sustancias con potencial medicinal o industrial. Como caracteres anatómicos se registran distintas capas de crecimiento, porosidad difusa de vasos solitarios o en racimos de hasta 4 vasos. Los elementos vasculares son poco comunes, pero tienen un gran diámetro y pueden presentar en tres tamaños diferentes, medianos, cortos o muy cortos, con o sin apéndice en los extremos y tienen placas de perforación simples. El parénquima axial de tipo apotraqueal difuso y paratraqueal vasicéntrico. Radios muy frecuentes, estrechos y medianos, de una o dos células de ancho, compuestos de células procumbentes, cuadradas en el cuerpo y

erectas en los bordes, además se registraron radios agregados y fusionados. Se observó almidón y cristales estiloides en las células de los radios y en el interior de las fibras. Las fibras son grandes libriformes no septadas.

Dentro de la investigación de Barajas-Morales (1989) también encontramos a *Cnidocolus spinosus*, especie distribuida en Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero, asociada a selva baja caducifolia y a matorrales xéricos, además de bosques tropicales caducifolios y selvas secas, cuya descripción destaca por la presencia de vasos con porosidad difusa, con poros ligeramente angulosos, principalmente en grupos radiales de 2 y 3, pocos $3/\text{mm}^2$ y medianos con diámetro tangencial de $173\ \mu\text{m}$ en promedio. Los elementos de vaso son medianos con longitud promedio de $534\ \mu\text{m}$ ($376\text{-}705\ \mu\text{m}$), placa de perforación simple con inclinación de 45° , puntuaciones intervasculares internas de 10 a $13\ \mu\text{m}$ de diámetro y puntuaciones de vaso a radios grandes y ovaladas. Los anillos de crecimiento inconspicuos delimitados por fibras de pared gruesa. El parénquima axial tipo paratraqueal vasicéntrico escaso y apotraqueal difuso muy escaso; con series de 3 a 5 células. El parénquima radial cuenta con radios muy numerosos, $11/\text{mm}$; heterogéneos tipo I, biseriados, formados de células cuadradas y algunas procumbentes en el cuerpo y células erectas en los márgenes; son bajos, con altura promedio de $1,499\ \mu\text{m}$. Las fibras son de tipo libriforme y moderadamente cortas con longitud promedio de $894\ \mu\text{m}$ ($705\text{-}1,043\ \mu\text{m}$), pared muy delgada de $2\ \mu\text{m}$ de espesor y $20\ \mu\text{m}$ de diámetro tangencial. Se encuentran abundantes fibras gelatinosas.

A pesar de la importancia sistemática y florística de Euphorbiaceae, la información sobre la familia en México es bastante pobre, siendo que hasta el momento el 25% de sus especies han sido revisadas, perdiéndose gran parte del conocimiento sobre la distribución y rareza de la mayoría de los componentes de la familia. Por lo mismo, no existen esfuerzos conservacionistas de los taxa, se requieren más investigaciones acerca de la fitogeografía, anatomía, biología de la polinización, trabajos monográficos sobre los géneros más representativos que puedan contribuir a estudios de conservación (Steinmann, 2002).

III. OBJETIVOS.

3.1. General.

Analizar los caracteres de la madera de seis especies pertenecientes a la familia Euphorbiaceae.

3.2. Particulares.

- Reconocer los caracteres anatómicos cualitativos de la madera que contribuyan a la determinación de especies.
- Contribuir en la delimitación de géneros y especies para posibles soluciones a controversias filogenéticas.
- Establecer una propuesta de distribución para las especies determinadas.

IV. HIPÓTESIS.

Se espera que los caracteres cualitativos de la anatomía de la madera permitan la identificación de las especies y sean significativos para futuras investigaciones, y que considerando los caracteres morfológicos junto con las zonas donde se realizó la colecta de los ejemplares y el alto porcentaje de endemismo en el país, las especies a determinar tienen una alta probabilidad de pertenecer al género *Cnidoscolus* y *Jatropha*.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio.

Pinal de Amoles, Querétaro, se ubica al Norte del Estado, colindando al Norte con el municipio de Arroyo Seco, al Sur con los municipios de San Joaquín y Cadereyta de Montes, al Este con los municipios de Jalpan de Serra y San Joaquín, al Oeste con el municipio de Peñamiller y el Estado de Guanajuato. Geográficamente se encuentra entre 99°26' 99°43' al Oeste y 21°21' al Norte, con una extensión de 705.3698 km². La zona es accidentada con pendientes pronunciadas, planicies pequeñas y mesetas, tiene una altitud sobre el nivel del mar de 839 m, de clima templado húmedo a 2000 msnm, clima semicálido seco con temperaturas anuales entre 18°C y 22°C, y semicálido húmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 992mm, a causa de los diferentes tipos climáticos, se formaron tipos de vegetación selva baja caducifolia en la parte norte y bosque pino-encino en la parte central y noroeste (INAFED, 2020).

La Sierra del Tentzo se ubica en la zona del centro del estado de Puebla, con una superficie estimada de 59 444 ha, delimitada por la Presa Manuel Ávila Camacho o Lago de Valsequillo y la ciudad de Puebla al norte, por los cerros y lomeríos de la región Mixteca al sur, por los valles de Atlixco y Matamoros al poniente y por los municipios de Tepexi de Rodríguez y Ahuatempan, al oriente. En la Sierra del Tentzo confluye parte del territorio de 16 municipios (Atlixco, Atoyatempan, Huatlatlauca, La Magdalena Tlatlauquitepec, Molcaxac, Ocoyucan, Puebla, San

Diego La Mesa Tochimiltzingo, San Juan Atzompa, Huehuetlán El Grande, Tecali de Herrera, Teopantlan, Tepeojuma, Tepeyahualco de Cuauhtémoc, San Juan Tzicatlacoyan) y 34 localidades; presenta una gradiente altitudinal que va de los 1 200 a los 2 500 msnm. Tiene ecosistemas de tipo bosques de encino con afinidad tropical y templada, selva baja caducifolia y matorral xerófilo, con especies de vertebrados de zona tropical y templada (CONABIO, 2011).

Hueyapan, Puebla, está localizado en la parte Norte del Estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 52' 02" y 19° 59' 54" de latitud Norte y los meridianos 97° 19' 42" y 97° 26' 06" de longitud Occidental, con una superficie de 74.54 kilómetros cuadrados. La zona está formada por sierras individuales, paralelas, comprimidas y que forman altiplanicies intermontañas, donde se encuentra mayormente bosque mesófilo con clima templado húmedo con lluvias todo el año y con clima semicálido subhúmedo con lluvia todo el año al noreste del municipio (INAFED, 2020).

5.2. Colecta de material.

La toma de muestras se realizó en tres zonas diferentes (Cuadro 1), se identificaron ejemplares del género *Cnidocolus*, se tomaron datos como altura del individuo, diámetro a la altura del pecho (DAP), usando un serrucho se cortaron trozos de madera con corteza y reservaron en frascos FAA para su traslado y ablandado, posteriormente se cambió a solución GAA para conservarse (Sandoval, 2005).

Para el estudio microscópico las muestras se cortaron con un grosor de 20 μm con un micrótomo de deslizamiento en los planos transversal, tangencial y radial. Los cortes se lavaron, aclararon y deshidrataron en tres concentraciones diferentes de alcohol (50%, 70% y 96%), se tiñeron en una solución de safranina, se lavaron con concentraciones de alcohol al 96% y alcohol absoluto, se volvió a teñir con verde rápido por unos segundos y se lavó por última vez, se aclararon con xilol y se montaron un corte de cada plano en un portaobjetos, utilizando resina sintética. Los disociados se obtuvieron empleando la solución de Jeffrey para tomar medidas de longitud de fibras y elementos de vaso, grosor de paredes y longitud del lumen de las mismas (Johansen, 1940). Las descripciones microscópicas se realizaron de acuerdo con lo recomendado por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 1989).

5.3. Análisis fenético.

Se realizaron análisis de clúster y de componentes principales de doce caracteres cualitativos de la anatomía de la madera de los once ejemplares colectados.

Para el análisis de agrupamiento se usó el método del ligamento promedio no ponderado (UPGMA). La matriz básica se codificó para la obtención de un fenograma de distancia. La realización del análisis se obtuvo con el programa de MVSP Versión 3.22 Kovach Computing Services.

Cuadro 1. Número de ejemplar registrado y zona de colecta.

Muestra	Ejemplar	Lugar de colecta	Material colectado
I	3	Cascada al cielo, Querétaro	Madera, tallo, flor y fruto
II	4	Cascada al cielo, Querétaro	Madera
III	5	Cascada al cielo, Querétaro	Madera
IV	7	Cascada al cielo, Querétaro	Madera, hoja y flor
V	11	Pinal de Amoles, Querétaro	Madera, hoja y tallo
VI	12	Pinal de Amoles, Querétaro	Madera
VII	19	Buena Vista, Hueyapan, Puebla	Madera, tallo y flor
VIII	21	Buena Vista, Hueyapan, Puebla	Madera, tallo, flor y hoja
IX	22	Buena Vista, Hueyapan, Puebla	Madera
X	23	Tentzo, Magdalena, Puebla	Madera
XI	24	Tentzo, Magdalena, Puebla	Madera

VI. RESULTADOS.

6.1. Descripción.

6.1.2. Género *Cnidoscolus*.

Muestra 3. Madera con porosidad difusa, vasos mayormente solitarios en un 73%, en hileras radiales de 2 células en un 24% y agrupados en 3%, con 31 vasos/mm², vasos solitarios redondeados, con punteaduras escalariforme y placa de perforación escalariforme. Radios heterogéneos tipo I, compuestos por células erectas y cuadráticas. Radios biseriados y triseriados de 20 a 40 células a lo largo, densidad de 6.6 radios/mm lineal. Fibras libriformes. Parénquima paratraqueal vasicéntrica. Series parenquimatosas de 2-6 células. Sin contenidos.

Muestra 4. Madera con porosidad difusa, vasos solitarios en su totalidad, 63.5 vasos/mm², vasos solitarios redondeados, con punteaduras escalariformes y placa de perforación simple. Radios homogéneos tipo II, radios compuestos por células procumbentes. Radios con más de dos células de grosor, de 12 a 15 células a lo largo, densidad de 27.6 radios/mm lineal. Fibras libriformes y septadas. Parénquima paratraqueal difuso. Series parenquimatosas de 4-7 células. Sin contenidos.

Muestras 5. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios en un 64%, en hileras radiales de 3 células en un 7%, de 3 a 4 células en 12% y

agrupados en 8%, 15 vasos/mm², vasos solitarios redondeados, con placa de perforación escalariforme. Radios heterogéneos tipo I, radios compuestos por células erectas y cuadráticas. Radios biseriados de 5 a 12 células a lo largo, densidad de 16.6 radios/mm lineal. Fibras libriformes y septadas. Parénquima paratraqueal vasicéntrico con bandas confluentes. Series parenquimatosas de 7-15 células. Sin contenidos.

Muestra 7. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios en un 73%, en hileras radiales de 2 células en un 24% y agrupados en 3%, 31 vasos/mm², vasos solitarios redondeados, con punteaduras alternas y placa de perforación escalariforme. Radios heterogéneos tipo I, compuestos por células erectas y cuadráticas. Radios biseriados y triseriados de 20 a 40 células a lo largo, densidad de 6.6 radios/mm lineal. Fibras libriformes. Parénquima paratraqueal vasicéntrica. Series parenquimatosas de 2-6 células. Sin contenidos.

Muestra 19. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios en un 44.6%, en hileras radiales de 2 células en un 23.2%, con más de 3 células en 29.4% y agrupados en 1.1%, 18.1 vasos/mm², vasos solitarios redondeados, con placa de perforación simple y con punteaduras escalariformes. Radios heterogéneos tipo II A, radios compuestos por células cuadráticas y procumbentes. Radios con 2 a 5 células de grosor, con 11 a 35 células a lo largo, densidad de 6.3 radios/mm lineal. Fibras libriformes. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Series parenquimatosas de 2-6 células. Sin contenidos.

Muestra 22. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios en un 55.4%, en hileras radiales de 2 células en un 21.4%, con más de 3 células en 18% y agrupados en 2.7%, 19.4 vasos/mm², vasos solitarios redondeados, con punteaduras escalariformes y placa de perforación simple. Radios heterogéneos tipo III, radios compuestos por células cuadráticas y procumbentes. Radios con una célula de grosor, con 3 a 19 células a lo largo, densidad de 19.3 radios/mm lineal. Fibras libriformes. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Series parenquimatosas de 11-14 células. Sin contenidos.

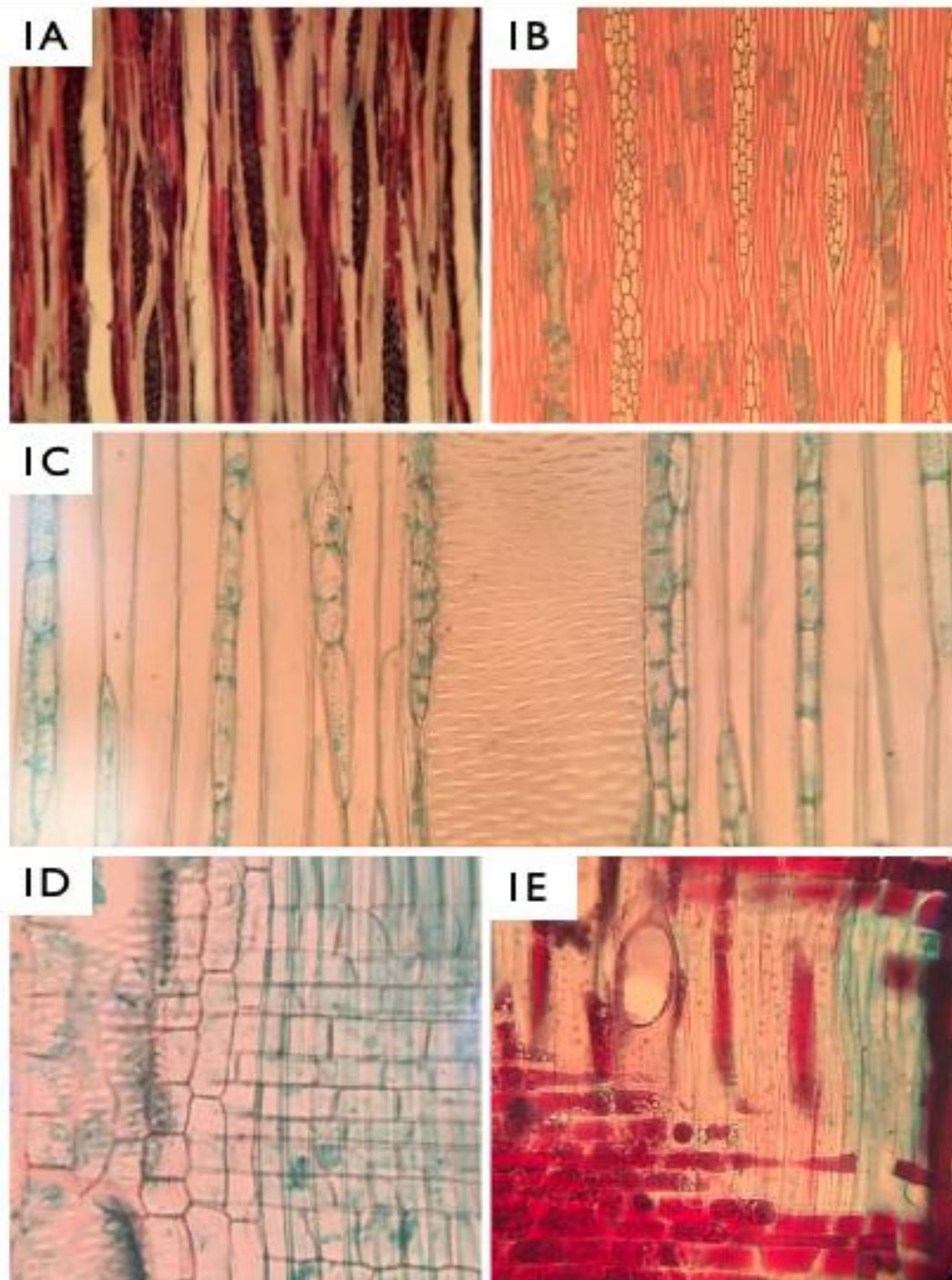


Figura 1. Corte anatómico de la madera del género *Cnidoscolus*. Fibras libriformes y septadas (1A). Radios heterogéneos tipo 1 de células cuadráticas y procumbentes (1B). Punteaduras escalariformes (1C). Radios tipo I con células procumbentes y erectas (1D). Punteaduras simples (1E).

6.1.3. *Cnidoscolus pubescens*.

Muestra 23. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios en un 64.8%, en hileras radiales de 2 células en un 8.1%, con más de 3 células en 19% y agrupados en 2.7%, 15 vasos/mm². vasos solitarios redondeados, con punteaduras escalariformes y placa de perforación simple. Radios heterogéneos tipo IIA, radios compuestos por células cuadráticas y procumbentes. Radios con 2 células de grosor, de 3 a 27 células a lo largo, densidad de 23.9 radios/mm lineal. Fibras libriformes. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Series parenquimatosas de 6-10 células. Con contenidos en los radios.

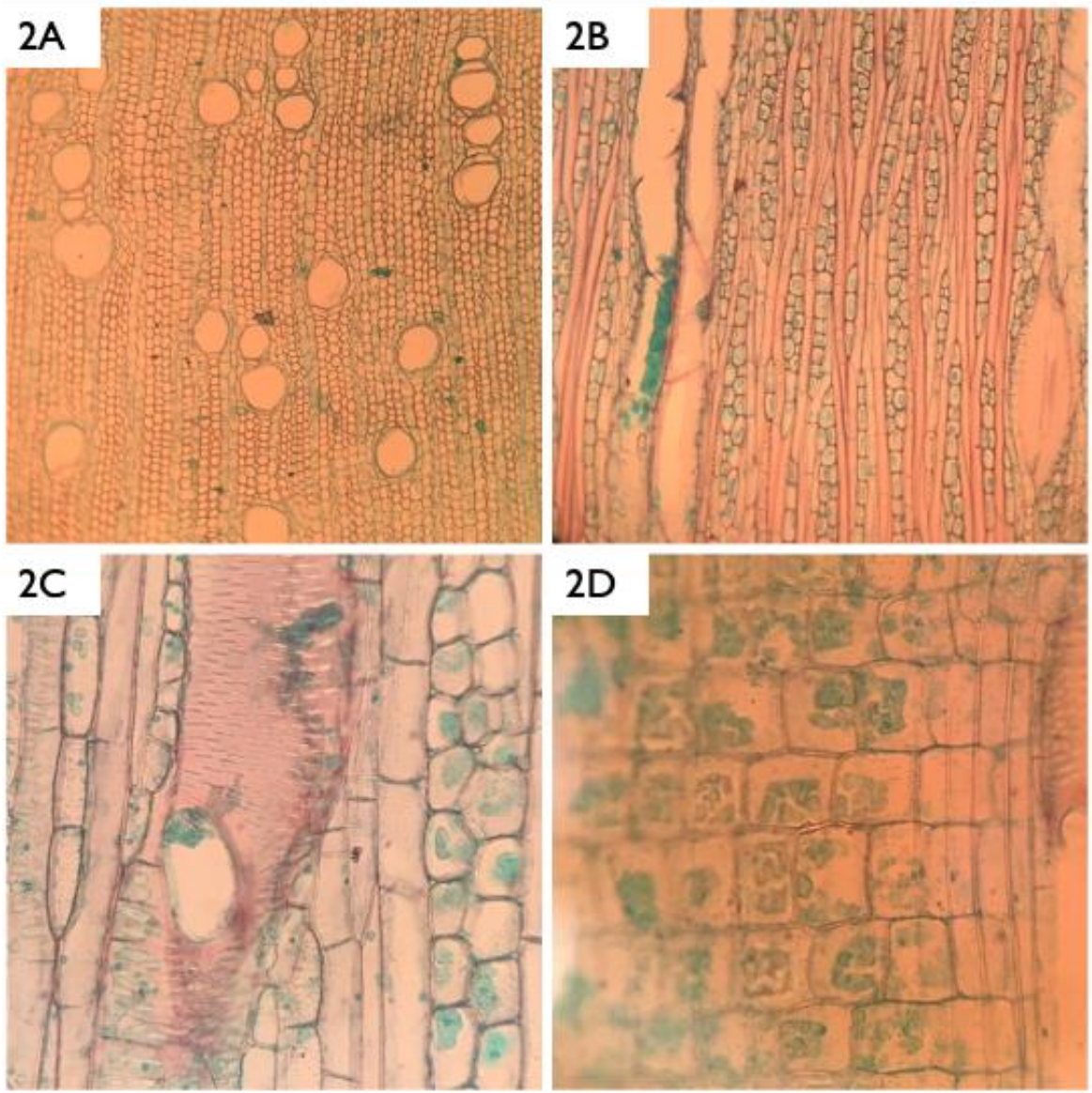


Figura 2. Corte anatómico de la madera del género *Cnidocolus pubescens*. Madera de porosidad difusa (2A). Radios con 2 células de grosor, de 3 a 27 células a lo largo (2B). Punteaduras simples (2C). Radios heterogéneos tipo IIA, radios compuestos por células cuadráticas y procumbentes (2D).

6.1.4. *Cnidoscolus spinosus*.

Muestra 24. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios en un 55.4%, en hileras radiales de 2 células en un 21.4%, con más de 3 células en 18% y agrupados en 2.7%, 10.6 vasos/mm². vasos solitarios redondeados, elementos de vaso con punteaduras escalariformes, con placa de perforación simple. Radios heterogéneos tipo I, radios compuestos por células cuadráticas y procumbentes. Radios con una o dos células de grosor, con 4 a 37 células a lo largo, densidad de 29.6 radios/mm lineal. Fibras libriformes y gelatinosas. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Series parenquimatosas de 2-6 células. Sin contenidos.

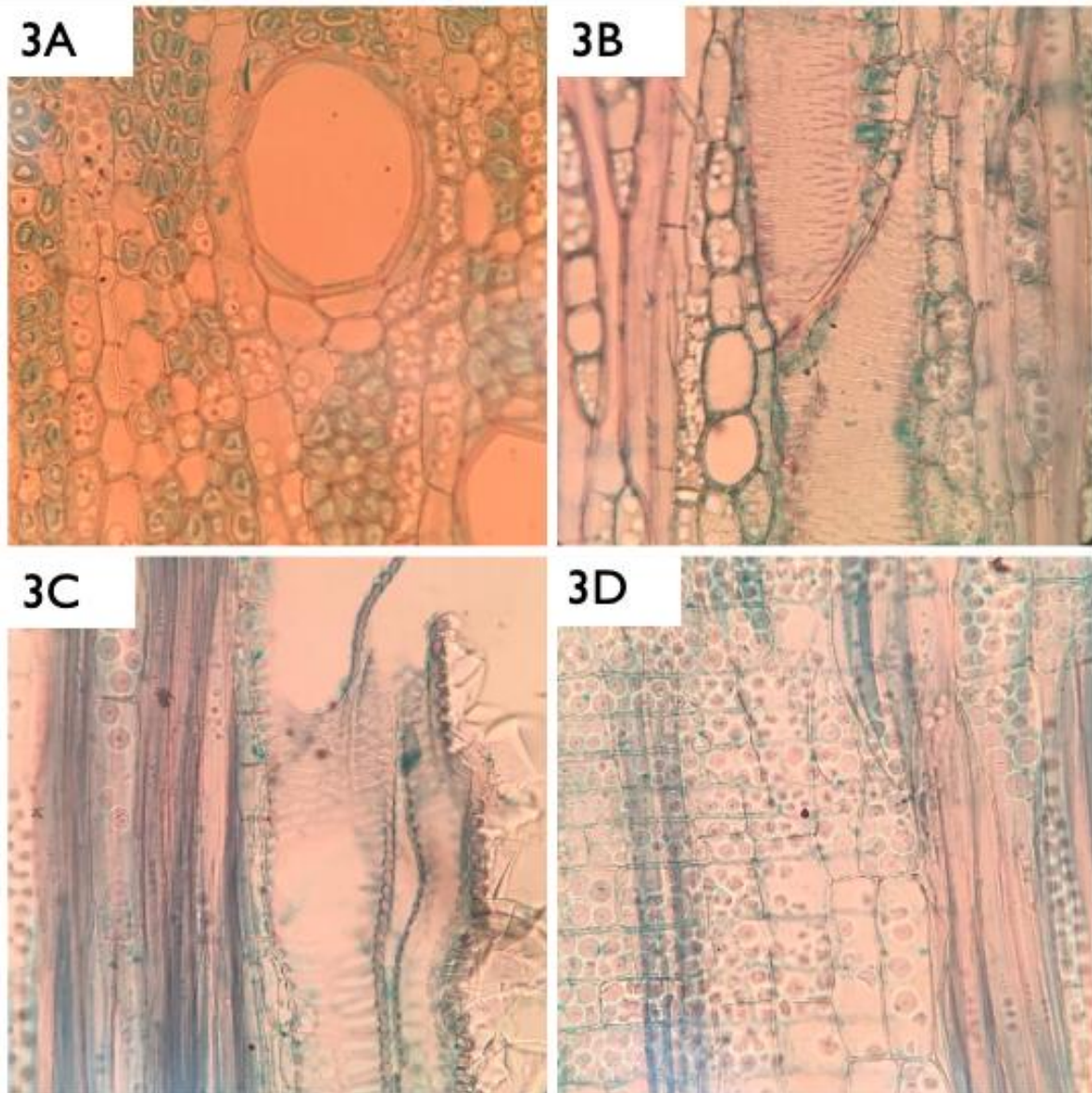


Figura 3. Corte anatómico de la madera del género *Cnidoscolus spinosus*. Elementos de vaso solitarios (3A). Punteaduras escalariformes (3B). Fibras libriformes y gelatinosas (3C). Radios compuestos por células cuadráticas y procumbentes (3D).

6.1.5. Género *Jatropha*.

Muestra 11. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios en un 68%, en hileras radiales de 2 células en un 7.8%, con más de 3 células 17% y agrupados en 6.2%, 16.4 vasos/mm². vasos solitarios redondeados, con placa de perforación simple y punteaduras alternas. Radios heterogéneos tipo IIA, radios compuestos por células procumbentes y cuadráticas. Radios uniseriados de 8 a 12 células a lo largo, densidad de 16.4 radios/mm. lineal. Fibras libriformes. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Series parenquimatosas de 10-13 células. Sin contenidos.

Muestra 21. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios, en hileras radiales de 2 células, con más de 3 células y agrupados, 18.1 vasos/mm². vasos solitarios redondeados, con punteaduras alternas y placa de perforación simple. Radios homogéneas tipo III, radios compuestas por células erectas. Radios con 1 célula de grosor, con 7 a 13 células a lo largo. Fibras libriformes. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Series parenquimatosas de 11-13 células. Sin contenidos.

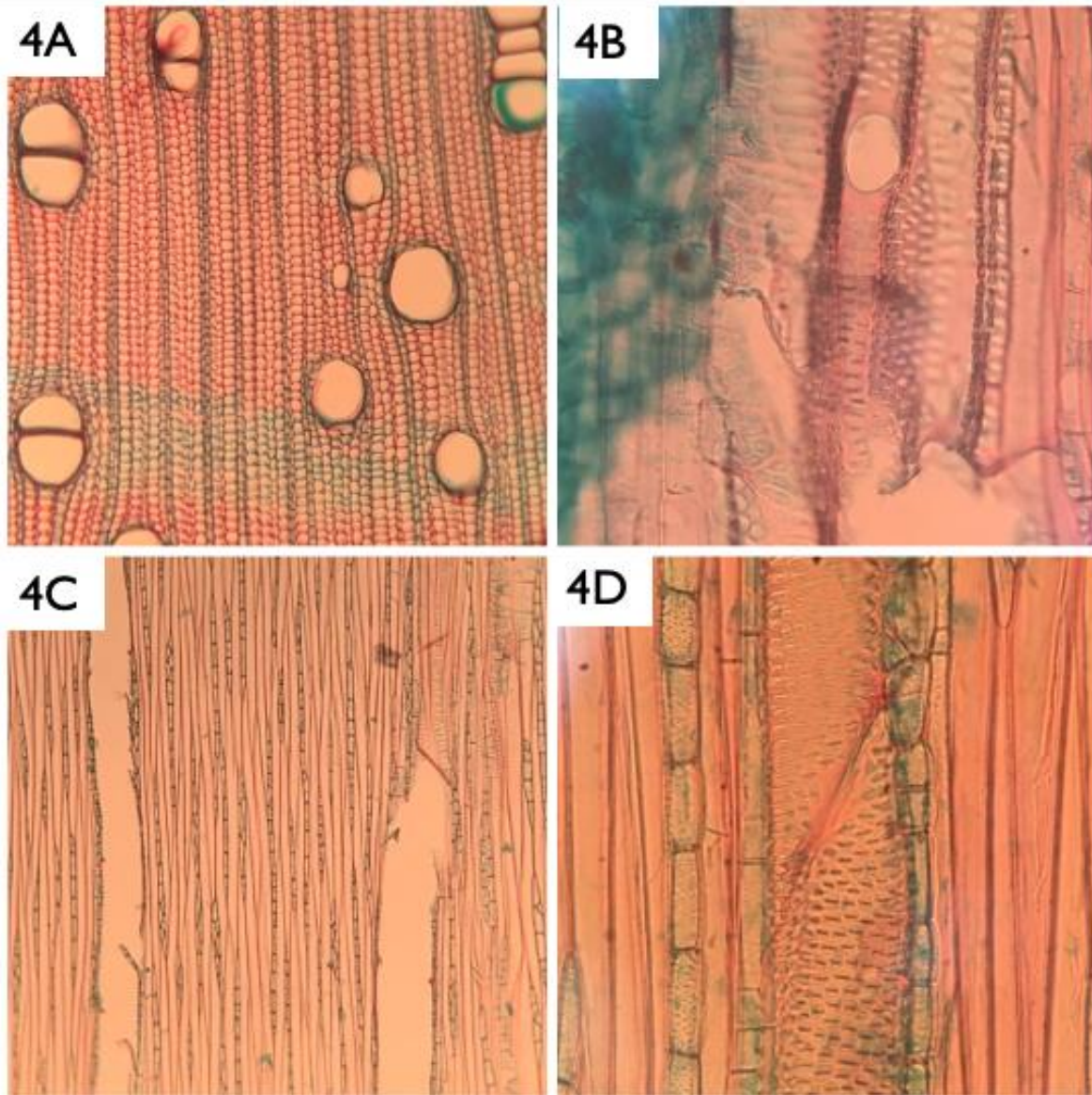


Figura 4. Corte anatómico de la madera del género *Jatropha*. Porosidad difusa (4A). Placa de perforación simple (4B). Fibras libriformes y radios uniseriados (4C). Punteaduras alternas (4D).

6.1.6. *Jatropha chamelensis*.

Muestra 12. Madera con porosidad difusa, vasos predominantemente solitarios en un 45%, en hileras radiales de 2 células en un 28%, con más de 3 células 16.6% y agrupados en 6.6%, 7.5 vasos/mm², vasos solitarios redondeados, con punteaduras alternas y placa de perforación simple. Radios homogéneos tipo III, radios compuestos por células erectas. Radios uniseriados de 3 a 20 células a lo largo, densidad de 20.6 radios/mm. lineal. Fibras libriformes. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Series parenquimatosas de 7-10 células. Con contenidos: Tíldes.

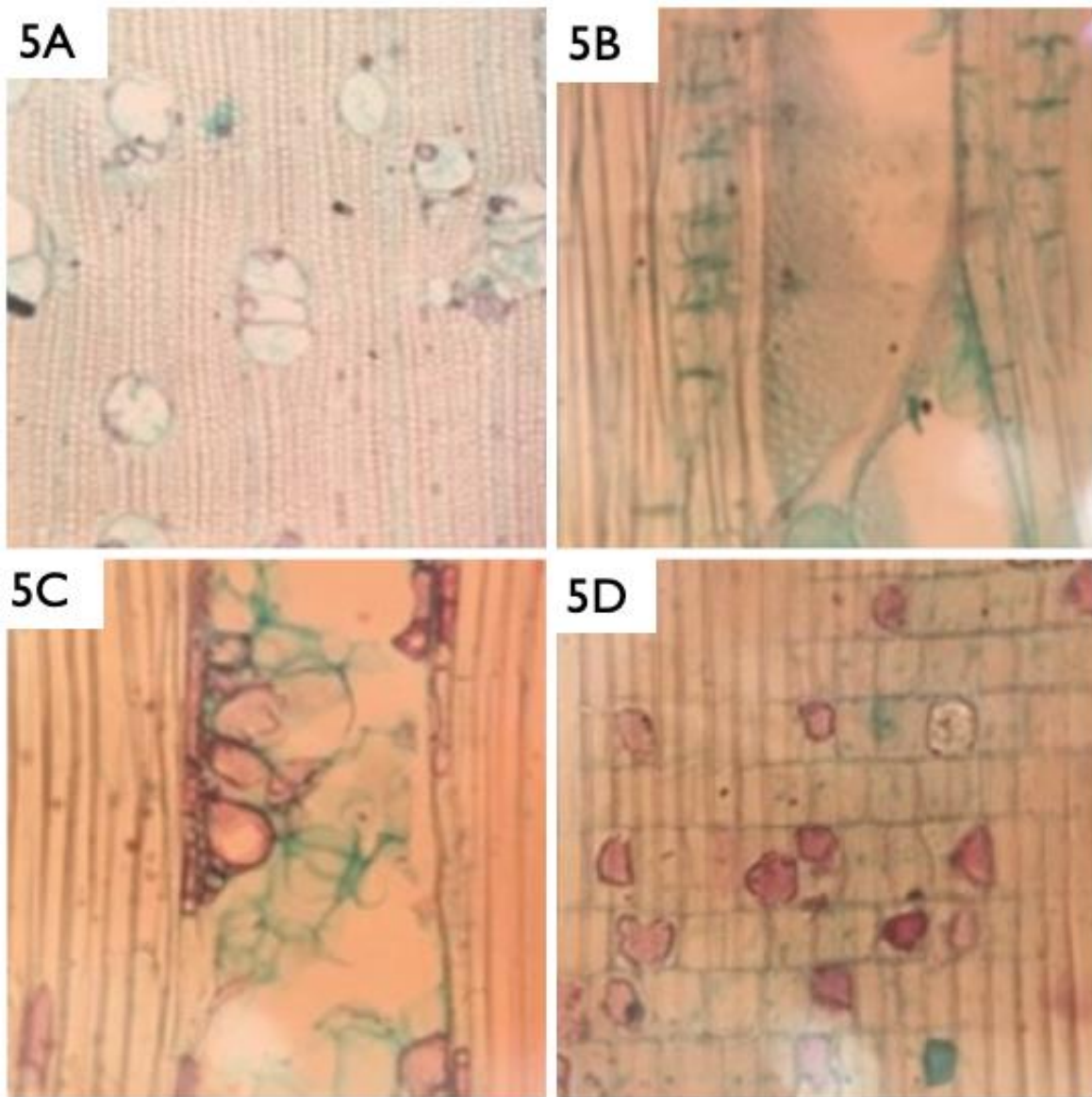


Figura 5. Corte anatómico de la madera del género *Jatropha chamelensis*. Porosidad difusa (5A). Punteaduras alternas y placa de perforación simple (5B). Presencia de tílides (5C). Radios homogéneos (5D).

Cuadro 2. Caracteres para la determinación de los ejemplares. Presente (P); Ausente (A); Libríformes (L); Septadas (SP);

Homogéneo (HM); Uniseriados (UN); Biseriados (BI); Multiseriado (MULT); Punteadura escalariforme (PE); Areoladas (PA)

Ejemplar	Porosidad difusa	Parénquima	Placa de perforación simple	Punteaduras	Fibras	Radio Heterogéneos	Radio Homogéneos	Grosor de radios	Contenidos
<i>Cnidoscopus</i> 3	P	Vasentrico	P	Escalariformes	LB / SP	HT	IA	UN / BI	A
<i>Cnidoscopus</i> 4	P	Paratraqueal escaso	P	Escalariformes	LB / SP	HM	II	MULT	A
<i>Cnidoscopus</i> 5	P	Vasentrico	P	Escalariformes	LB / SP	HT	I	UN / BI	A
<i>Cnidoscopus</i> 7	P	Vasentrico	P	Escalariformes	LB	HT	I	BI / TR	A
<i>Jatropha</i> 11	P	Vasentrico	P	Alternas	LB	HT	IA	UN	A
<i>Jatropha chemelensis</i> 12	P	Vasentrico	P	Alternas	LB	HM	III	UN	P en tilídes
<i>Cnidoscopus</i> 19	P	Vasentrico	P	Escalariformes	LB	HT	IIA	MULT	A
<i>Jatropha</i> 21	P	Vasentrico	P	Alternas	LB	HM	III	UN	A
<i>Cnidoscopus</i> 22	P	Vasentrico	P	Escalariformes	LB	HT	III	UN	A
<i>Cnidoscopus pubescens</i> 23	P	Vasentrico	P	Escalariformes	LB	HT	IIA	BI	P en radios
<i>Cnidoscopus spinosus</i> 24	P	Vasentrico	P	Escalariformes	LB / GL	HT	I	UN / BI	A

6.2. Análisis fenético.

Para el análisis de componentes principales (PCA) y del análisis de clúster (UPGMA) para 11 ejemplares con información de la anatomía de la madera, se tomaron 12 caracteres cualitativos, siendo caracteres informativos los que aparecen en rojo (Cuadro 3), formándose dos grupos que indican las diferencias entre las especies; asimismo, se observan que los ejemplares 3 y 23 tienen mayor similitud, sin embargo, el ejemplar 23 identificado como *C. pubescenses* se encuentra más segregado (Figura 6).

Se estableció la codificación de los caracteres, para someterlos a un análisis clúster obteniendo la similitud entre las especies basados en los caracteres cualitativos, formando grupos con grados de similitud, destacando la formación de dos grupos.

El grupo 1 contiene a los ejemplares 19, 22, 21, 11 y 12, determinada como especie *J. chamelensis*, ya que presentan caracteres similares, como el tipo de punteaduras, tipo y grosor de radios, donde los ejemplares 21 y 12, clasificados pertenecientes al género *Jatropha*, tienen mayor similitud. En el caso de *J. chamelensis* el contenido en elementos de vasos permitió su determinación. En el grupo 2 se engloba a los ejemplares 7, 5, 4 y la especie determinada como *C. spinosus* son agrupados por similitud de caracteres tales como radios de tipo heterogéneos, tipo y grosor de radios y tipo de fibras, el contenido en radios permitió la determinación del ejemplar 24 como *C. spinosus*. Se destaca un alto

grado de similitud entre los ejemplares 7 y 24. De manera complementaria, el análisis de conglomerados (UPGMA) de caracteres de la anatomía de la madera, permitió observar las distancias que identifican la cercanía entre las especies, resaltando la similitud entre los ejemplares 19 y 22, pertenecientes al género *Cnidoscolus*, con el resto de los ejemplares clasificados dentro del género *Jatropha* (Figura 7).

Cuadro 3. Análisis de Componentes Principales (PCA) con caracteres cualitativos de la madera, con valores significativos resaltados en negritas.

Variables	Eje 1	Eje 2
Parénquima difuso	0	1
Disposición de elementos	0	1
Tipo de parénquima	-0.561	0.773
Placa de perforación	0	1
Forma de punteadura	0	1
Disposición punteaduras	-0.282	-0.106
Radios	0.172	-0.506
Tipo de radios	0.949	0.278
Fibras	-0.122	-0.102
Grosor de radios	0.242	-0.036
Contenidos en Elementos	-0.419	0.248
Contenidos en Radios	0.207	0.883

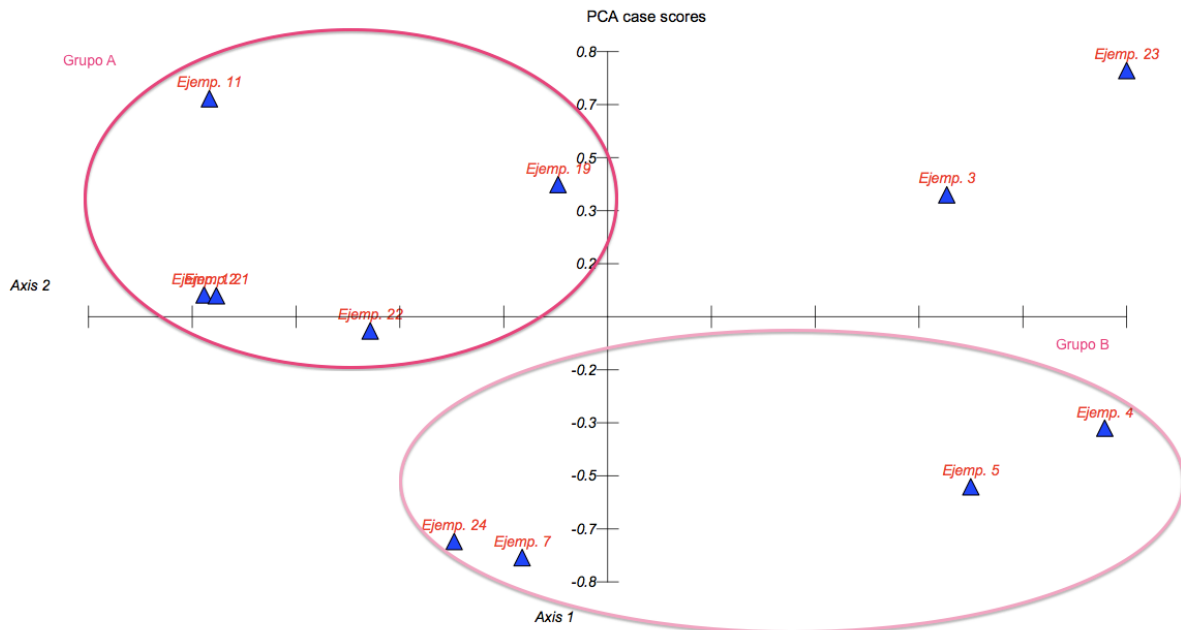


Figura 6. Análisis de Componentes Principales (PCA) en 11 ejemplares con 12 caracteres cualitativos de la anatomía de la madera.

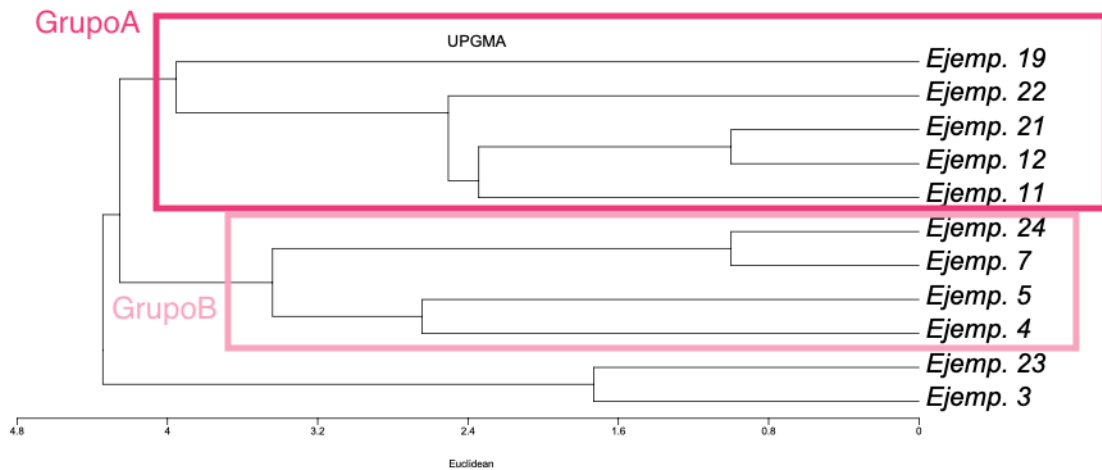


Figura 7. Fenograma de 12 caracteres anatómicos de la madera que muestra las distancias entre los 11 ejemplares estudiados, agrupando aquellos con mayor similitud.

VII. DISCUSIÓN.

Los ejemplares trabajados presentan porosidad difusa, elementos de vaso con punteaduras simples, parénquima apotraqueal difuso y en agregados, coincidiendo con lo registrado como principales características de la anatomía de la madera de la familia Euphorbiaceae (León & Chavarri, 2006).

En cuanto a los caracteres a reconocer para la determinación del género son el tipo de porosidad y difusión, tipo de punteaduras y placas de perforación en elementos de vasos, tipo de fibras, presencia de radios homogéneos o heterogéneos, tipo de radios con respecto a la disposición de células cuadradas, procumbentes y erectas, tipo de parénquima y presencia de contenidos tanto en parénquima axial como radial.

De acuerdo con los resultados, el ejemplar 12 y 21 podrían considerarse del género *Jatropha* por la presencia de radios homogéneos, carácter que fue registrado por Bahurdur (2013) como uno de los principales para la identificación del género, además por el ejemplar 12 muestra tílides en elementos de vaso, carácter reconocido para la especie: *J. podiagrica* y *J. tanjorensis*.

La anatomía de la madera descrita por Barajas-Morales (1989) para el género *Jatropha* y lo descrito en este trabajo, presentan muchas coincidencias, principalmente en vasos con porosidad difusa, la placa de perforación simple, en

el parénquima axial es de tipo paratraqueal vasicéntrico, con fibras de tipo libriforme y radios homogéneos.

Respecto al tipo de punteaduras, únicamente las especies 11, 12 y 21 son de tipo alternas, coincidiendo con lo registrado por Barajas-Morales en 1989 sobre el género *Jatropha chamelensis*, quien además registro la presencia de tílides, carácter que solo está presente en el ejemplar 12.

Los caracteres que se registran como representativos del género *Cnidoscolus* son presencia de parénquima paratraqueal vasicéntrico confluyente, fibras libriformes y septadas, y radios heterogéneos, coincidiendo con los ejemplares 3, 5, 19 y 22.

Los ejemplares 23 y 24 también coinciden mayormente con los caracteres del género *Cnidoscolus*, sin embargo, el ejemplar 23 destaca por la presencia de contenidos en radios, carácter que puede clasificarlo como perteneciente a la especie *C. pubescentes*, según lo registrado por Campolina Márquez (2017). En el ejemplar 24 se registra la presencia de contener fibras tipo gelatinosas, coincidiendo con lo estudiado por Barajas Morales (1989) para la clasificación de la especie *Cnidoscolus spinosus*.

Aguilar y colaboradores (2014) señalan que las diferencias entre los taxa de un grupo afín pueden relacionarse con el tipo de anillos de crecimiento, la abundancia de los vasos, algunas de las características cualitativas y cuantitativas de sus elementos de vaso y fibras, así como con el parénquima axial y parénquima radial,

atribuido al ambiente, a la edad del individuo o al origen geográfico de las especies.

En el caso de los análisis fenéticos realizado para los ejemplares, se obtuvo una relación de cercanía más significativa entre *J. chamelensis* y el ejemplar 21 del género *Jatropha* se obtuvo por la similitud en de los caracteres, la única diferencia es la presencia de tílides. Con respecto al ejemplar 22 del genero *Cnidoscolus*, su similitud al género *Jatropha* se da principalmente por el grosor en radios, siendo uniseriados el carácter que se comparte. En cuanto a los ejemplares con menor valor de similitud, como lo son el ejemplar 23 y 3 del género *Cnidoscolus*, se considera se debe a la presencia de contenidos en este género, que como mencionan Metcalfe y Chalk (1983), los cristales son sustancias comunes en angiospermas asociadas a varias funciones de la planta, edad, clima o tipo de suelo, que pueden ser lo suficientemente estables para propósitos diagnósticos.

Basados en los análisis de PCA realizados a los caracteres, se establecieron los más significativos para los estudios de similitud, confirmando la importancia de caracteres anatómicos para la identificación y establecimiento de similitudes o cercanías entre especies, sin embargo, cabe resaltar que para obtener una mayor precisión, es necesario considerar más caracteres y ejemplares de incluso diferentes zonas.

Montaño y colaboradores (2011) registran que a nivel de la anatomía de la madera, al disminuir la precipitación el número, diámetro longitud de los vasos y

ancho de los anillos de crecimiento también disminuye, provocando un aumento en la producción de sustancias al interior de las células que aparecen cuando la madera ha sufrido algún tipo de daño. Bolzón y colaboradores (2010) respaldan lo anteriormente registrado, agregando que los caracteres como número de vasos por mm², diámetro tangencial de los vasos y longitud de los elementos vasculares son importantes en la caracterización de las especies, sin embargo señalan que es preciso tener en consideración la influencia de las características edafo-climáticas del lugar de colecta, edad del árbol, situación de fuego y ataque de plagas.

Para propuesta de distribución, se toma en cuenta lo estudiado por Barajas Morales (1989) y Ramírez Delgadillo y colaboradores (2006) quienes asocian a *J. chamelensis* con vegetación de selva baja caducifolia, por lo que su distribución se considera desde el estado de Baja California Sur, pasando por Sinaloa y Sonora, sobre la zona de la Sierra Madre Occidental, el sureste de San Luis Potosí, Jalisco, la Sierra Norte de Puebla, Sur de Tabasco y Norte de Chiapas (INECC, 2021).

Cnidocolus pubescens al ser descrita por Campolina Márquez (2002), menciona que en México su distribución está asociada a climas semiáridos y vegetación subtropical seca, por lo tanto, se considera una distribución que va desde la vertiente del Pacífico de México, sur de Sonora y Chihuahua hasta Chiapas (CONABIO, 2021).

Barajas Morales (1989) describe la anatomía de la madera de *Cnidocolus spinosus* y menciona que se encuentra en el estado de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero, asociada a selvas bajas caducifolias, motivo por el cual se propone una distribución más actualizada que incluye la zona de la Sierra Madre Occidental, Sonora, Coahuila, Chihuahua, el sureste de San Luis Potosí, y los estados perteneciente a la Cuenca del Balsas, es decir, Jalisco, Michoacán, México, Guerrero, Morelos, Tlaxcala, Oaxaca y Puebla (INECC, 2021).

VIII. CONCLUSIONES.

Se determinaron dos géneros, *Jatropha* y *Cnidoscolus*. A nivel de especie se identificó a *Jatropha chamelensis*, colectada en Pinal de Amoles, *Cnidoscolus pubescens* y *Cnidoscolus spinosus*, colectadas en el cerro del Tentzo.

Obteniendo así que para la determinación de las especies, los caracteres cualitativos son de valor significativo, destacando la presencia de contenidos, tipo de fibras, grosor por número de células en los radios y de tipo de radios, permitiendo así la resolución de la investigación.

El análisis fenético muestra una segregación de *Cnidoscolus pubescens* y el ejemplar 3 perteneciente al mismo género, con respecto a los índices de similitud, dándole un valor significativo a la presencia de contenidos en radios.

La investigación realizada permite establecer una relación de los caracteres anatómicos con el medio ambiente, sugiriendo así una distribución para las especies, posibles orígenes geográficos, disposición interna de la familia y afinidades entre taxones.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, M., Aguilar, S., Terrazas, T. (2014). Anatomía de la madera de doce especies de un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, México. *Madera y bosques*, 20(3), 69-86. Recuperado en 08 de abril de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140504712014000300007&lng=es&tlng=es.

Aguilar, S.; Abundiz, L.; Barajas, J. (2001) Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México. *Anales de Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México. Serie Botánica* 72(2): 171-185

Bahadur, B. et al. (eds). (2013) *Jatropha, Challenges for a new energy crop. Genetic Improvement and Biotechnology. Vol. 2 Springer Science* DOI: 10.1007/978-1-4614-4915-72

Barajas, J. (1985) Wood structural differences between trees of two tropical forests in México. *IAWA Journal*, Vol. 6: Issue 4. DOI: 10.1163/22941932-90000962.

Barajas, J. (1989) *Anatomía de maderas de México: Especies de una selva baja caducifolia*. Instituto de Biología. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de México. ISBN 698-36-11028-8.

Bolzón, G., Nisgoski, S., Lomelí, M. (2010) Anatomía y ultraestructura de la madera de tres especies de *Prosopis* (Leguminosae-Mimosoideae) del Parque Chaqueño seco, Argentina. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. *Madera y Bosques*, vol. 16, núm. 4, 2010, pp. 21-38

Campolina, J. (2017) Anatomia foliar e do lenho e ontogenia e senescência de glândulas secretoras foliares de *Cnidocolus pubescens* Pohl (Euphorbiaceae). Universidad Estatal del Fluminense del Norte Darcy Ribeiro - UENF Campos dos Goytacazes.

Carlquist, S. (2001) Comparative Wood anatomy: Systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. State University of New York. College of environmental science and Forestry. Springer Series in Wood Science

Carlquist, S. (1966) Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments of factors controlling Wood evolution. *Journal of systematic and evolutionary botany*. Vol 6. Issue 2. Pp. 25-44.

Contreras, A. (2014) La sistemática: ruta histórica para conocer la biodiversidad. *Revista digital Universitaria*. Vol. 15 | Núm. 4 | ISSN 1607 - 6079
<http://www.revista.unam.mx/vol.15/num4/art27/>

Córdova T., Bautista R., Zamarripa C., Rivera L., Pérez V., Sánchez S., Martínez H., Cuevas S. (2015) Diagnóstico y Plan Estratégico de la Red *Jatropha* spp. en México. SNICS, SINAREFI, México. 116p.

CONABIO (2021) Ecosistemas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Biodiversidad [Consultado el 5 de septiembre de 2021] Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas>

Fernández, J., Hernández, P., Enríquez, J., Contreras, G., Rojas, E., Sánchez, S. (2020) Municipios. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Puebla. INAFED. [Consultado el 8 de agosto de 2021] Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21075a.html>

Fritts, H. (1976) Tree rings and climate. Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona. Academic Press. Captu5

Gimenez, A.,M.; Moglia, J.,G.; Hernández, P.; Gerez, R. (2005) Anatomía de la madera. Universidad de Santiago del Estero. Fac. de Ciencias Forestales. Cátedra de Dendrología y Xilología. E-Book ISBN 978-987-1676-08-8

Goyenechea, Irene (2007). Sistemática: su historia, sus métodos y sus aplicaciones en las serpientes del género *Conopsis*. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, 14(1),54-62.[fecha de Consulta 29 de Octubre de 2021]. ISSN: 1405-0269. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414107>

Graaff, N.A.; Baas, P. (1974) Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. Blumea: Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants. Vol. 22-Issue 1. Pg 101-121

Heyden, J. (1994) Systematic anatomy of Euphorbiaceae subfamily Oldfieldioideae I. Overview. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 81, No. 2. Pp. 180-202 (23 pg) DOI: [10.2307/2992093](https://doi.org/10.2307/2992093)

IAWA Committe (1989) IAWA LIST OF MICROSCOPIC FEATURES FOR HARDWOOD IDENTIFICATION. *IAWA Bulletin n.s.* 10 (3): 219-332

Jahanbanifard, M., Beckers, V., Koch, G., Beeckman, H., Gravendeel, B., Verbeek, F., Baas, P., Priester, C., & Lens, F. (2020) Description and evolution of wood anatomical characters in the ebony wood genus *Diospyros* and its close relatives (Ebenaceae): a first step towards combatting illegal logging. *IAWA Journal*, 41(4), 577-619. doi: <https://doi.org/10.1163/22941932-bja10040>

Jiménez-Arellanes, M., García-Martínez, I., Rojas-Tomé, S. (2014). Potencial biológico de especies medicinales del género *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae). *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 45(4), 1-6. Recuperado en 11 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400003&lng=es&tlng=es.

Johansen, J. (1940) *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Book Company. Nueva York. 523 pg.

Longworth, C. (1945) The Genus *Cnidoscolus* in México: New species and critical notes. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. Vol. 72, No. 3, pp.319-334. DOI: [102307/2481291](https://doi.org/10.2307/2481291)

Luna, E. (2020). Integrando análisis morfométricos y filogenéticos: de la sistemática fenética a la morfometría filogenética. *Acta botánica mexicana*, (127), e1640. Epub 30 de mayo de 2020. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1640>

Malbrán, A. (2018) Morfo-anatomía vegetativa en especies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) con especial referencia a las estructuras secretoras. Tesis de Cátedra de Morfología Vegetal, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

Martínez, M., Jiménez, J., Cruz, R., Juárez, E., García, R., Cervantes, A., Mejía, R. (2002). Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México (Parte A). *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 73(2),155-196.[fecha de Consulta 25 de Octubre de 2021]. ISSN: 0185-254X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40073205>

Maya-Lastra, C.A.; Steinmann, V. (2018) A nomenclator of *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae). *Phytotaxa* 346 (1): 001-030 DOI: 10.11646/phytotaxa.346.1.1

Mennega, A. (1986) Wood anatomy of Euphorbiaceae in particular of subfamily Phyllanthoideae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. Vol. 94, Issue 1-2. DOI: 10.1111/j.1095-8339.1987.tb=1041.x

Mennega, A. (2005) Wood anatomy of subfamily Euphorbioideae; a comparison with subfamilies Crotonoideae and Acalyphoideae and the implications for the

circumscription of the Euphorbiaceae. IAWA Journal, International Association of Wood Anatomists 26(1)

Metcalfe, C. R. & Chalk, L. (1950) Anatomy of Dicotyledons. Oxford: Clarendon Press.

Montaño-Arias, S. A.; Camargo-Ricalde, S. L.; Grether, R., De la Paz-Pérez O. (2011) La madera en función del ambiente: un análisis ecoanatómico. Elementos: Ciencia y Cultura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Puebla, México. Vol. 18, núm. 83 Pp. 19-23.

Núñez-Colín, Carlos Alberto, & Escobedo-López, Diana (2011). Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. Agronomía Mesoamericana, 22(2),415-427.[fecha de Consulta 29 de Octubre de 2021]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43722407018>

Oladipo, O.T., Illoh, H. C. (2012) Comparative Wood anatomy of some members of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae) found in Nigeria. Phytologia Balcanica: International Journal of Balkan Flora and Vegetation. Phytologia Balcanica: International Journal of Balkan flora and vegetation.

Páramo, J.L., (Agosto, 2020) enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Querétaro de Arteaga. INAFED. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM22queretaro/municipios/22002a.html>

Pérez-Jiménez, L. A. (1982) *Jatropha chamalensis* (Euphorbiaceae), nueva especie de la costa de Jalisco, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 42: 35-39. DOI: 10.17129/botsci.1259

Prakesh, P.; Gupta, S. (2016) Systematic wood anatomy of the subfamily Acalyphoideae s.l. (Euphorbiaceae) from India, with remarks on synonymy. Nordic Journal of Botany, volume 34, Issue 2, p. 197-216. DOI: [10.1111/njb.01009](https://doi.org/10.1111/njb.01009)

Prakash, P.; Gupta, S. (2016) Wood anatomy of the subfamily Crotonoideae (Euphorbiaceae s.s.) from India: systematic implications with special reference to the taxonomic delimitation of *Givotia* and *Vernicia*. Nordic Journal of Botany 000: 001-018 DOI: 10/1111/njb.00990, ISSN 1756-1051

Ramírez, R.; Hernández, L.; Harker, M. (2006) Avances en el conocimiento de la diversidad florística del predio Las Joyas, La Manzanilla, municipio La Huerta, Jalisco. Herbario IBUG, Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. ISBN 970-27-1045-6

Rendle, B. (1932) Wood Anatomy as a Link between Botany and Forestry. Nature, 130(3292), 834-836. doi:10.1038/130834a0

Sandoval, E. (2005) Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. UNAM. 278 pg.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Enero, 2021) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/2/chamela.html>

Steinmann, V. (2002) Diversidad y endemismos de la familia Euphobiaceae en México. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío. *Acta Botánica Mexicana*, 61: 61-93

Torres-González, Daniel, & García-Guzmán, Graciela. (2014). Análisis del papel de los caracteres foliares de *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae) en la defensa contra herbívoros y patógenos. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 17(2), 126-134. Recuperado en 20 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2014000200003&lng=es&tlng=es.

Villaseñor, J.L., (2001) Catálogo de autores de plantas vasculares de México. UNAM. 40 pg.

León H. & BChavarri R. (2006) Anatomía xilemática del tallo de 8 especies de la subfamilia Euphorbiaceae (Euphorbiaceae) en Venezuela. *Rev. Fac. Agronomía* 106 (1):1 – 12.

Wiedenhoeft, A. (2008) Tracking the Phylogeny of the Crotonae with comparative wood anatomy. University of Wisconsin. Madison Libraries. 205 pg.