

Estudio histológico de 10 especies nativas de Capparaceae, Bignoniaceae, Burseraceae y Primulaceae del bosque seco de la costa de Ecuador

Histological study of 10 native species of Capparaceae, Bignoniaceae,
Burseraceae and Primulaceae from the coastal dry forest of Ecuador

Kerlyn Lema¹ & Mónica Armas²

Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Botánica

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

Se describe la anatomía foliar y del peciolo de las siguientes 10 especies leñosas nativas del bosque seco deciduo estacional de la costa de Ecuador: *Capparidastrum frondosum*, *C. petiolare*, *Colicodendron scabridum*, *Cynophalla ecuadorica* y *C. heterophylla* (Capparaceae), *Handroanthus chrysanthus*, *H. billbergii* subsp. *ampla* y *Tecoma castaneifolia* (Bignoniaceae), *Bursera graveolens* (Burseraceae) y *Bonellia sprucei* (Primulaceae). El objetivo de este estudio es caracterizar sus tejidos fundamentales en hojas y peciolos para cada especie, y discutir sus diferencias histológicas. Las muestras fueron fijadas en FAA, posteriormente se realizaron cortes transversales a mano alzada, y se aclararon con hipoclorito de sodio al 5% para el estudio de la epidermis, se tiñó con safranina y azul de metileno; se prepararon placas para su observación y análisis. Las especies estudiadas presentaron: hojas dorsiventrales a excepción de *Handroanthus billbergii*; hojas hipostomáticas y drusas a nivel del mésofilo, como en *Bursera graveolens*; y tricomas de tipo simple, acicular, glandular, estrellado y ramificado. El peciolo de las especies estudiadas presenta: una cutícula gruesa, abundante parénquima cortical, haces colaterales dispuestos en forma de protostela o sifonostela, canales secretores, y abundantes drusas asociadas al floema.

Palabras claves: Anatomía foliar, haz colateral, peciolo, protostela, sifonostela.

Abstract

The foliar and petiole anatomy and of the following 10 native woody species that occur in the seasonally deciduous dry forest of coastal Ecuador is described: *Capparidastrum frondosum*, *C. petiolare*, *Colicodendron scabridum*, *Cynophalla ecuadorica* and *C. heterophylla* (Capparaceae), *Handroanthus chrysanthus*, *H. billbergii* subsp. *ampla* and *Tecoma castaneifolia* (Bignoniaceae), *Bursera graveolens* (Burseraceae), and *Bonellia sprucei* (Primulaceae). The aim of this study is characterizing the fundamental tissues of leaf blades and petioles for each species and discussing the histological differences among those. The samples were fixed in FAA solution, subsequently freehand cross-sections were made, those were rinsed in 5% sodium hypochlorite for the study of the epidermis and stained with safranin and methylene blue; plates were prepared for observation and analysis. The studied species exhibited the following traits: dorsiventral leaf blades, except for *Handroanthus billbergii*; hypostomatic leaves and drusen at the leaf mesophyll as in *Bursera graveolens*; trichomes simple, acicular, glandular, stellate and branched. The petiole of studied species reveal: a thick cuticle, abundant cortical parenchyma, collateral bundles arranged in the form of protostele or siphonostele, secretory channels and abundant drusen associated with the phloem.

Key words: Adaxial vascular bundle, foliar anatomy, petiole, protostele, siphonostele.

Introducción

Los bosques secos (BS) representan ecosistemas biológicamente importantes por su flora endémica y

porque el 75% de sus especies son caducifolias, esto significa que pierden estacionalmente sus hojas y las vuelven a recuperar en la época lluviosa (Sánchez, Kvist, & Aguirre, 2006). No obstante, los BS han ido fragmentándose por prácticas agropecuarias

* Correspondencia del autor:

E-mail: monica.armass@ug.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

(ganadería, agricultura) y forestales (extracción de madera), que ha provocado la pérdida parcial de la diversidad, quedando remanentes aislados que albergan especies amenazadas y en estado crítico de conservación (Villacis Rivas, y otros, 2015).

Los BS se encuentran ubicados en dos áreas, una a lo largo de la costa o litoral (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, y Guayas) y otra en las estribaciones occidentales de los Andes (El Oro y Loja), estas constituyen el bosque seco deciduo del Pacífico Ecuatorial. Esta bioregión presenta una marcada estacionalidad con dos periodos diferenciados, uno seco entre mayo a noviembre y otro lluvioso de diciembre a abril (Aguirre, Kvist, & Sánchez, 2006).

En la composición de estos bosques es común encontrar familias como Capparaceae, Bignoniaceae, Burseraceae, y Primulaceae, que han desarrollado adaptaciones fisiológicas para sobrevivir en ambientes con poca humedad (Aguirre Z. , 2020). Capparaceae es una familia de arbustos y árboles pertenecientes al orden Brassicales que suelen dominar los bosques caducifolios, comprenden aproximadamente 45 géneros y 800 especies distribuidas en regiones tropicales y subtropicales (Cardinal-McTeague, 2016).

Capparis L. (Capparaceae) es un género restringido al Viejo Mundo, en el Nuevo Mundo sus especies tuvieron que ser reclasificadas en otros géneros nativos, entre los que se destacan *Capparidastrium*, *Colicodendron* y *Cynophalla* entre otros (Cornejo & Iltis, 2008; Aguirre De la Hoz & Ruiz- Zapata, 2017).

Bignoniaceae es una familia perteneciente al orden Lamiales, comprende árboles, arbustos y lianas, se distribuyen en todo el mundo en países tropicales y subtropicales; algunas de estas especies son usadas con fines ornamentales por sus flores vistosas en forma de campana o embudo, son considerados un atractivo turístico, *Tecoma*, *Tabebuia*, *Handroanthus*, *Bignonia* y *Jacaranda* son algunos de los géneros más conocidos de esta familia (El-Hawary et al., 2021).

Un estudio filogenético molecular (Olmstead et al., 2009) ha transferido algunas especies del género *Tabebuia* a *Handroanthus*, y ha propuesto una nueva clasificación, tomando el indumento como uno de los caracteres de diferenciación. Algunas de las especies de estos géneros han sido usadas en la medicina tradicional en el tratamiento de varias enfermedades como la malaria, infecciones cutáneas, sífilis, infecciones fúngicas y bacterianas (Zapater et al., 2009).

Burseraceae es una familia que pertenece al orden Sapindales, esta abarca 20 géneros y más de 600 especies, adaptadas a las regiones tropicales, con mayor diversidad en América (Rodríguez- Godínez & Almazán- Núñez, 2015). Entre los géneros más sobresalientes se encuentra *Bursera*, con árboles y arbustos caducifolios, sus hojas compuestas alternas, con flores generalmente axilares o terminales, solitarias o agrupadas, fruto en forma de cápsula o drupa (Cerdeña-Lemus, 2011). Algunas de estas especies

de Burseraceae son utilizadas para la elaboración de artesanías y la extracción de aceites esenciales, también presentan actividades antibacterianas, antidiarreicas y espasmolíticas (Sánchez-Recillas et al., 2020).

Primulaceae es una familia de hierbas, árboles y arbustos con distribución pantropical también conocida como las primulas, del orden Ericales, se compone de unos 23 a 30 géneros y c. 1.000 especies (de Luna et al., 2017). La mayoría son herbáceas, con hojas enteras o divididas, simples, alternas, opuestas o verticiladas, y a veces basales; las flores son bisexuales, actinomorfas, solitarias o dispuestas en racimos, capitadas, umbeladas y corimbosas o paniculadas, tallos decumbentes o erectos y el fruto es una cápsula, drupa o baya (Xu & Chang, 2017).

La histología o más conocida como anatomía foliar describe los tejidos de las plantas como cutícula, epidermis abaxial y adaxial, mesófilo, parénquima, haces vasculares.

El parénquima en el cuerpo primario de las plantas está dispuesto, como una masa continua de células con paredes delgadas que difieren según su morfología y metabolismo, por lo general se lo puede encontrar en diferentes partes como: el mesófilo de las hojas, la pulpa de los frutos, peciolas, la corteza de tallos y raíces (Esau, 1965). Dentro de las plantas, el parénquima tiene funciones primordiales como la regeneración y la cicatrización de heridas, así también como la fotosíntesis, el almacenamiento, la secreción y el transporte (Pruyn & Spicer, 2012).

Los tallos, raíces y hojas de las plantas presentan vasos conductores especializados como el xilema y floema. El xilema es el que transporta agua y nutrientes desde el suelo hasta los tallos y hojas, útil para la fotosíntesis, al mismo tiempo que proporciona soporte mecánico y almacenamiento de carbohidratos y minerales para la cicatrización de heridas. En cambio, el floema transporta compuestos orgánicos fotosintéticos desde las hojas hacia las partes bajas de la planta; uno de los productos transportados es la sacarosa (Myburg, Lev-Yadun, & Sederoff, 2012).

En estudios realizados por Gonzales (2013) se presenta información del estudio comparativo de la anatomía foliar de 50 especies de Bignoniaceae que crecen en Argentina donde se evaluaron las siguientes variables, en los que se destacan posición y estructura anatómica de los nectarios extraflorales, complemento tricómico, número de capas de la epidermis, tipo de mesófilo y la composición del margen de la hoja. Estos resultados son útiles en la identificación entre especies porque proporcionan un análisis completo de los caracteres foliares más sobresalientes de la familia.

Varios estudios en nuestro país se han enfocado en describir morfológica y molecularmente estas especies con fines taxonómicos, otros trabajos en cambio a caracterizar ciertos metabolitos secundarios, principalmente flavonoides y alcaloides

con intereses farmacológicos y agrícolas. Sin embargo, a pesar del número representativo de especies que comprenden estas familias en el país, las investigaciones orientadas a describir su histología son ausentes. El objetivo de este trabajo es caracterizar mediante un estudio histológico comparativo las partes vegetativas de especies pertenecientes a los géneros *Capparidastrum*, *Colicodendron*, *Cynophalla* (Capparaceae), *Handroanthus*, *Tecoma* (Bignoniaceae), *Bursera* (Burseraceae) y *Bonellia* (Primulaceae), presentes en la costa de Ecuador.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Campus Mapasingue, ubicado en la Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, (Latitud: -2.14691, Longitud: -79.91701) Guayaquil - Ecuador, en los meses de diciembre 2021 y enero 2022 (Fig. 1).

Material vegetal

Se colectaron las ramas con hojas maduras de diez especies leñosas nativas (tabla 1), estas fueron transportadas al Laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, donde se procedió a lavarlas con agua destilada para retirar las impurezas. El material se procesó de acuerdo a la metodología de Johansen (1940), modificada de acuerdo a la disponibilidad de recursos; de cada especie se analizaron 10 hojas con sus respectivos peciolo.

Las muestras fueron fijadas en solución FAA (alcohol 70°, ácido acético y formol, 90:5:5) por 20 minutos y posteriormente se realizaron cortes transversales en la zona media a mano alzada y se aclararon con hipoclorito de sodio al 5% para el estudio de la epidermis, luego se tiñeron con dos colorantes, safranina al 1% y azul de metileno por 2 minutos y se retiró el exceso con agua destilada para ser montadas en placas portaobjeto con una gota de glicerina líquida para mejorar el índice de refracción.

Se realizaron las observaciones con un microscopio Motic BA210E y para las mediciones se utilizó un microscopio Leica DM750, en el cual se colocó una reglilla micrométrica dentro de un ocular con objetivos de 10X y 40 X. Con una cámara digital de celular se tomaron las imágenes para su interpretación y análisis.

Se determinó ciertas variables cualitativas como: tipo de células epidérmicas (estomas y tricomas), disposición del mesófilo, y variables cuantitativas como grosor (cutícula + epidermis + mesófilo), el espesor del parénquima de empalizada y esponjoso, también se calculó la relación parénquima en empalizada / parénquima esponjoso (P.emp./P.esp.). Se midieron los diámetros de los peciolo. La descripción de cada una de las variables fue de acuerdo a Esau (1972) y Alonso Peña (2011).

Análisis de datos y estadísticos

Se efectuaron diez mediciones por cada especie descrita, en total fueron diez especies pertenecientes a cuatro familias (tabla 1). Los promedios obtenidos se insertaron en un programa estadístico llamado

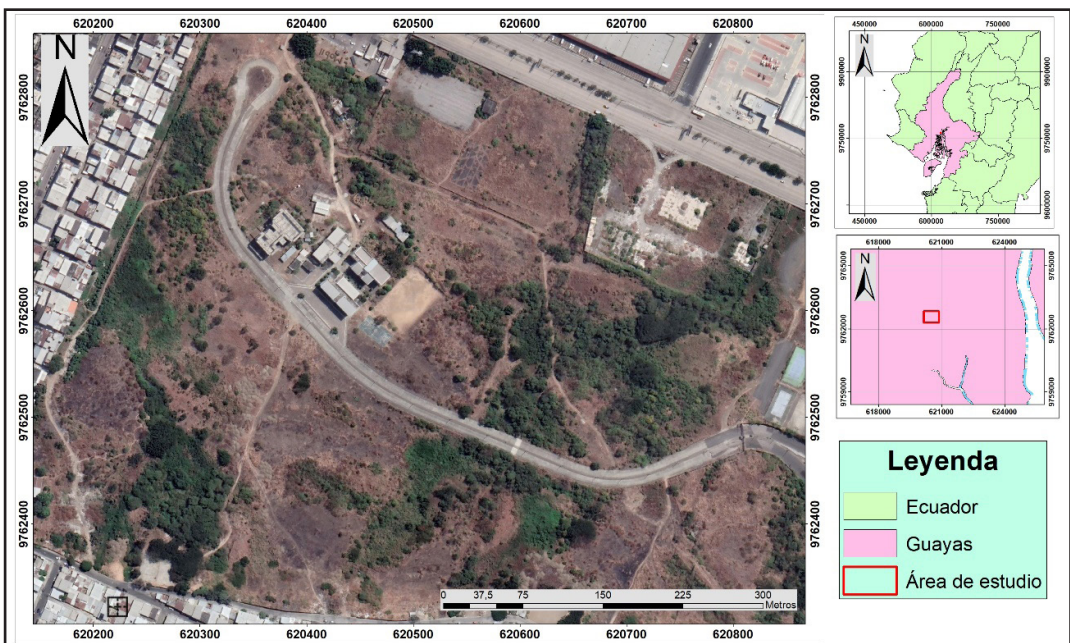


Figura 1. Ubicación del Bosque Mapasingue - Guayaquil.

GraphPad Prims 9.3.0, donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un índice de confiabilidad del 95% y una prueba de Tuckey, en el caso de existir diferencias significativas entre las familias.

Resultados

En la tabla 1 se registran los caracteres foliares correspondientes a la epidermis, tricomas, estomas y mesófilo de diez especies del bosque seco en el campus Mapasingue.

Descripción de las diferencias histológicas en hojas y pecíolos.

Hojas

En sección transversal la muestra de *Tecoma castaneifolia* presentó una epidermis adaxial con una capa de células grandes y redondeadas, con una cutícula gruesa y tricomas glandulares hundidos en la epidermis. A continuación, el mesófilo presentó una estructura dorsiventral y un estrato paraveinal que está formado por una capa de grandes células isodiamétricas insertadas entre el parénquima en empalizada y lagunoso. En medio del mesófilo se observaron haces vasculares con disposición Kranz, en el caso de la epidermis abaxial una capa de células

pequeñas, con cutícula evidente, presencia de estomas y más tricomas glandulares (Fig. 2A).

Capparidastrum petiolare presenta una cutícula delgada y una epidermis uniestratificada con paredes gruesas, tricomas pluricelulares alargados simples seguido de un parénquima empalizada con dos estratos de células alargadas y un parénquima esponjoso con espacios intercelulares y abundantes cloroplastos, en cuanto al haz vascular tiene forma de gota de agua rodeado de fibras de esclerénquima, seguido de hileras de tejido colenquimático en la parte superior e inferior, conectando ambas epidermis. Presenta estomas solo en la parte abaxial, por lo que se considera hipostomática y un tipo de hoja dorsiventral (Fig. 2B).

Capparidastrum frondosum presenta una epidermis con un solo estrato de células de paredes gruesas y redondeadas, un mesófilo dorsiventral, en medio de ambos parénquimas están distribuidos los haces vasculares, rodeado de fibras de esclerénquima que encierran al xilema y al floema con una disposición Kranz, los estomas en la epidermis abaxial son de tipo hipostomático, no presenta tricomas (Fig. 2C).

Cynophalla heterophylla presenta una cutícula irregular y un mesófilo dorsiventral, con un parénquima

Tabla 1. Anatomía Foliar de las Hojas. U: uniestratificado. P: pluriestratificado. E: estriada. L: lisa. H: hipostomática. P/EST: pluricelular estrellado. P/GL: pluricelular glandular. P/A.S: pluricelular alargado simple. P/RA: pluricelular ramificado. D: dorsiventral. I: isobilateral. CN: células numerosas. CE: células escasas.

Anatomía foliar de las hojas							
Especie	Epidermis		Estomas	Tricomas		Mesófilo	
	Tipo de estratos	Cutícula	Posición	Tipo de Tricoma	Mesófilo	Empalizada	Esponjoso
<i>Capparidastrum petiolare</i>	U	L	H	P/A.S	D	2	CN
<i>Capparidastrum frondosum</i>	U	L	H	-	D	2	CN
<i>Colicodendron scabridum</i>	U	E	H	P/EST	D	1-2	CN
<i>Cynophalla heterophylla</i>	U	L	H	P/A.S	D	1	CN
<i>Cynophalla ecuadorica</i>	U	L	H	-	D	2-3	CN
<i>Handroanthus chysanthus</i>	U	E	H	P	D	1-2	CN
<i>Handroanthus billbergii</i> subsp. <i>ampla</i>	P	E	H	P/GL	I	4	CE
<i>Tecoma castaneifolia</i>	U	E	H	P/GL	D	2	CN
<i>Bursera graveolens</i>	U	E	H	P/A.S	D	1	CN
<i>Bonellia sprucei</i>	U	L	H	P/RA	D	2-3	CN

de empalizada de un solo estrato de células alargadas y un parénquima esponjoso con abundantes cloroplastos y espacios intercelulares grandes, los vasos conductores en la nervadura asemejan a la forma de una telaraña, alrededor se puede apreciar las fibras perivasculares del esclerénquima, por debajo cinco estratos de células de tejido colenquimático de tipo anular. La disposición es hipostomática con tricomas pluricelulares alargados en la región abaxial (Fig. 2D). *Cynophalla ecuadorica* consta de una epidermis uniestratificada y un mesófilo de tipo dorsiventral, en lo que se refiere al parénquima de empalizada varía de 2 a 3 estratos de células cilíndricas y alargadas. Cada haz vascular exhibe una anatomía foliar de tipo Kranz ya que entorno al haz vascular se dispone una vaina perivascular de esclerénquima, hacia la zona abaxial las células son más pequeñas, no presenta tricomas (Fig. 2E).

Colicodendron scabridum, al ser una especie pubescente, tanto en el haz como el envés se evidenciaron tricomas unicelulares estrellados, y una epidermis uniestratificada con un mesófilo dorsiventral, se observaron gran cantidad de cloroplastos en el parénquima de empalizada y esponjoso (Fig. 2F).

Handroanthus billbergii subsp. *ampla* presentó una cutícula lisa y una epidermis adaxial y abaxial pluriestratificada, en algunos segmentos la epidermis abaxial se convertía en un solo estrato, especialmente en el sitio de inserción de los tricomas, que son de tipo glandular, un mesófilo isobilateral, con parénquima en empalizada en ambas caras, el ubicado en la cara adaxial es de mayor proporción que el situado hacia la cara abaxial; también se visualiza un estrato paraveinal que se caracteriza por presentar una capa media de células de diferentes formas que conectan a los haces vasculares, la disposición de estomas es de tipo hipostomática (Fig. 2G).

En *Handroanthus chrysanthus*, la epidermis es uniestrata con tricomas glandulares y un mesófilo dorsiventral, el parénquima en empalizada está constituido por dos capas de células alargadas dispuestas anticlinalmente con respecto a la epidermis, en la epidermis abaxial se distinguen cámaras estomáticas lo que se considera como hipostomática (Fig. 2H).

En cambio, *Bursera graveolens* presenta una cutícula lisa, con la epidermis uniestratificada, se puede observar dos tipos de tricomas, uno pluricelular alargado simple en la epidermis adaxial y otro glandular con cabeza pluricelular en la epidermis abaxial; el mesófilo es de tipo dorsiventral, donde se distinguen un parénquima de empalizada de un solo estrato y un esponjoso con espacios intercelulares, se encontraron abundantes drusas por debajo de la epidermis y el mesófilo; hacia el lado abaxial se visualizan cámaras estomáticas considerándose como hipostomática (Fig. 2I).

Bonellia sprucei presenta cutícula estriada, con una epidermis adaxial uniestratificada, por debajo de la misma se distribuyen fibras de esclerénquima de manera continua, luego se encuentra el mesófilo de tipo dorsiventral, el parénquima de empalizada está en menor proporción que el parénquima esponjoso, en la epidermis abaxial es diferente, las fibras de esclerénquima se encuentran muy aisladas en pequeños grupos. Se puede notar la presencia de tricomas pluricelulares ramificados en ambas caras de la epidermis, y una disposición de estomas hipostomática (Fig. 2J).

Peciolos

El peciolo en corte transversal de *Capparidastrum petiolare* evidenció una epidermis uniestrata de células pequeñas, alrededor de la periferia abundantes tricomas aciculados; por debajo tres capas de colénquima anular y parénquima cortical, las cuales limitan con un grupo de fibras perivasculares de esclerénquima en forma de semiluna que rodean al tejido conductor. El xilema y el floema se presentan como un haz colateral abierto y en el centro el parénquima medular, lo que se considera según su disposición como una sifonostela (Fig. 3A).

La forma del peciolo de *Capparidastrum frondosum* es similar a la de *C. petiolare* en algunos aspectos, pero no en todos, debido a que presenta una epidermis uniestratificada, pero tiene una sola capa de colénquima anular, ya que después se puede ver dos capas de esclerénquima, a continuación 4 estratos de parénquima cortical con abundantes cloroplastos. Alrededor de los radios del xilema y del periciclo del floema están las fibras perivasculares de esclerénquima en forma de semilunas unidas, y en el centro está el parénquima medular, también se considera una sifonostela (Fig. 3B).

En los peciolos de *Cynophalla heterophylla* y *C. ecuadorica* se observaron muchas similitudes, una epidermis uniestratificada con tricomas unicelulares simples en forma de papila y una amplia región de parénquima cortical, según la distribución de los haces vasculares se observó que es una protostela. Rodeando los haces se encuentra una franja continua de fibras perivasculares de esclerénquima, y por debajo del periciclo del floema están presentes los radios medulares del xilema, está ausente el parénquima medular, en su remplazo tiene más fibras de esclerénquima que en *C. heterophylla* tienen forma estrellada (Fig. 3C); y en *C. ecuadorica* forma de C (Fig. 3D).

Por otra parte, *Colicodendron scabridum*, a nivel de la epidermis uniestrata se encuentran tricomas estrellados con distribución pelosa al 100%, a continuación se encuentra una región de parénquima cortical amplia, algo diferente de esta especie es que en el centro del peciolo se encontró una proporción de fibras de esclerénquima y parénquima alternadas entre sí, en la base de los radios del xilema y encima del periciclo del floema también había más fibras

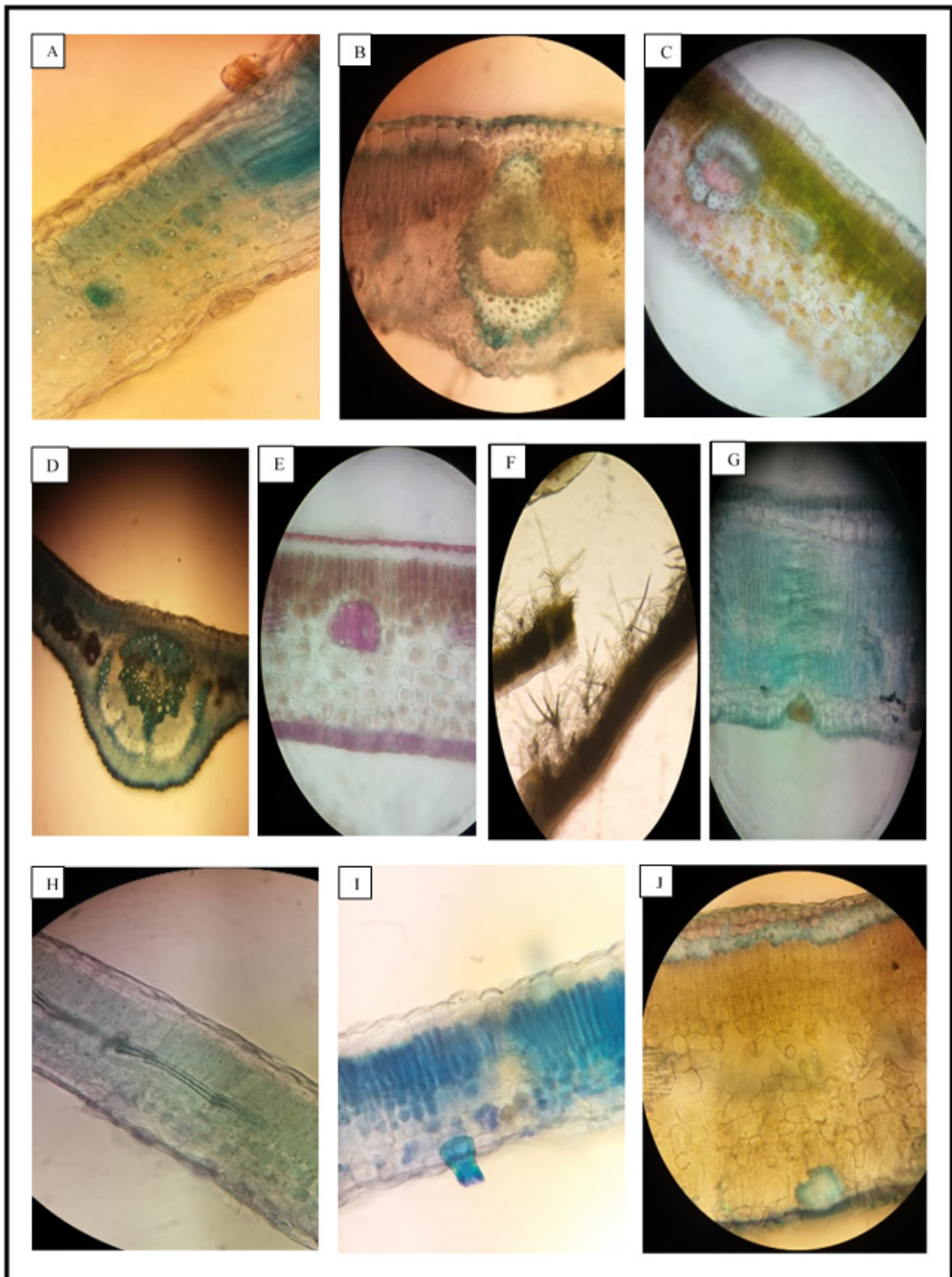


Figura 2. Epidermis en transcorte de hoja. A: *Tecoma castaneifolia*. B: *Capparidastrum petiolare*. C: *Capparidastrum frondosum*. D: *Cynophalla heterophylla*. E: *Cynophalla ecuadorica*. F: *Colicodendron scabridum*. G: *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*. H: *Handroanthus chrysanthus*. I: *Bursera graveolens*. J: *Bonellia sprucei*. Objetivo: 40X; A-J.

perivasculares de esclerénquima, separadas en pequeñas masas casi redondeadas (Figura 3. E).

En *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*, el peciolo tiene forma redonda con dos costillas en la parte superior y una cutícula un poco irregular donde se distribuyen dos tipos de tricomas unicelulares, uno glandular y el otro acicular, por debajo se encuentran

los siguientes tejidos, colénquima anular, parénquima cortical. Superior al periciclo del floema se encontró fibras de esclerénquima en forma de semilunas separadas una de la otra, acompañando a los radios vasculares de xilema y floema, en el centro el parénquima medular (Fig. 3F).

El peciolo de *Tecoma castaneifolia* tiene una

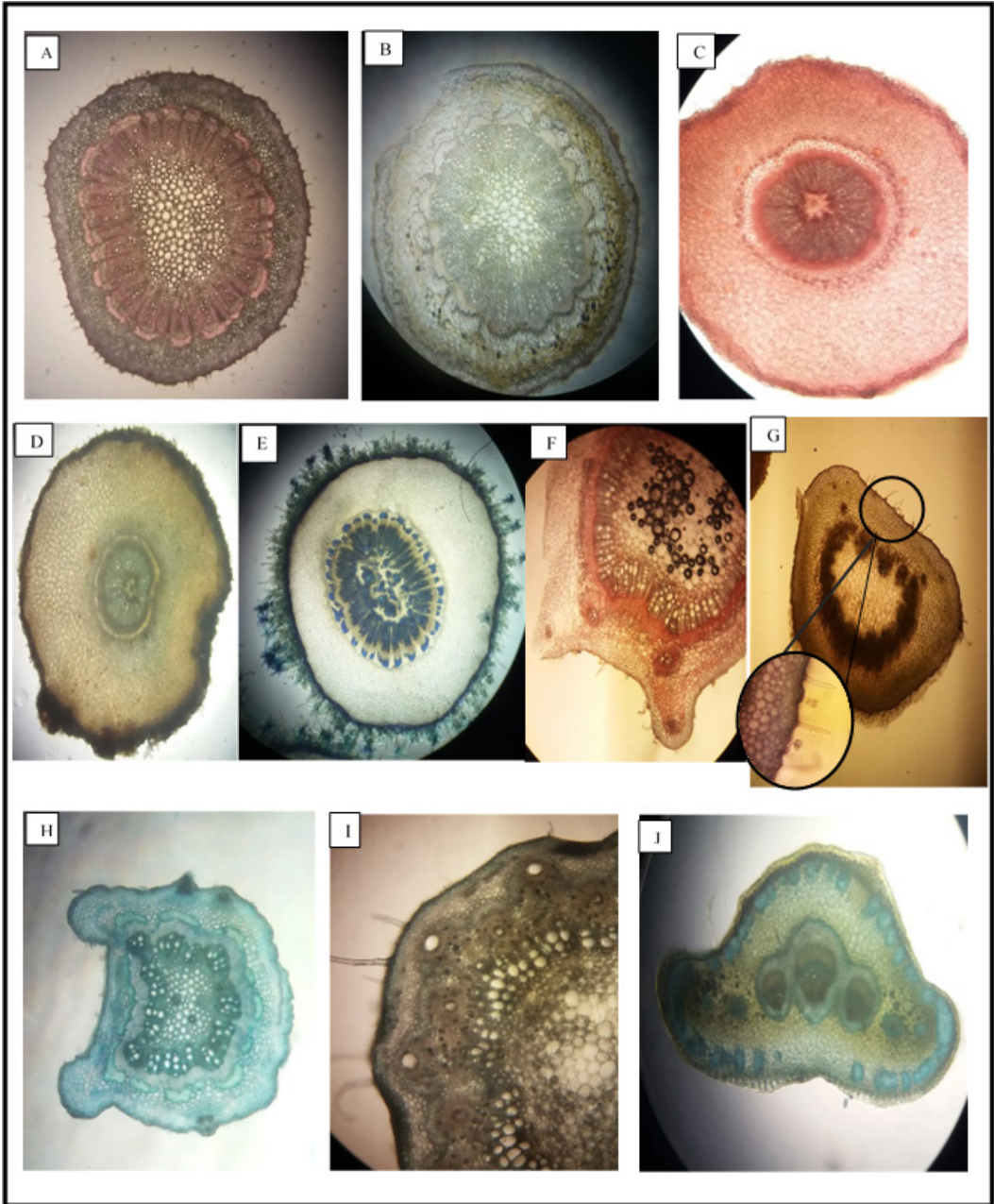


Figura 3. Corte transversal de los peciolos. A: *Capparidastrum petiolare*. B: *Capparidastrum frondosum*. C: *Cynophalla heterophylla*. D: *Cynophalla ecuadorica*. E: *Colicodendron scabridum*. F: *Tecoma castaneifolia*. G: *Handroanthus chrysanthus*. H: *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*. I: *Bursera graveolens*. J: *Bonellia sprucei*. Objeto: 10X y 40X.

epidermis uniestratificada que presenta dos tipos de tricomas, uno glandular y otro pluricelular simple, el colénquima anular está presente en las dos costillas seguido del parénquima cortical. Se hallaron fibras de esclerénquima separadas en pequeños círculos una de la otra sobre los haces vasculares. Según la disposición del sistema vascular es de tipo sifonostela debido a que el floema rodea al xilema y presenta un parénquima medular (Fig. 3G).

A diferencia *Handroanthus chrysanthus* presenta el peciolo en forma de un semicírculo, donde la cutícula no es tan lisa y la epidermis es uniestratificada, en la periferia se observó 3 tipos de tricomas diferentes, siendo estos, filiforme, glandular bulboso y peltado, debajo se diferencia un estrato de colénquima anular, los radios vasculares están dispuestos en forma de una semiluna, seguido del parénquima medular (Fig. 3H).

En cambio, en *Bursera graveolens*, la cutícula es gruesa y la epidermis es uniestratificada, donde se diferencian abundantes tricomas pluricelulares simples alargados, 4 estratos de colénquima anular, por debajo se apreció 3 capas de parénquima cortical. Los canales secretores se presentaron asociados al floema y están rodeados por una vaina de fibras de esclerénquima continua, además se evidenció la presencia de abundantes drusas en el tejido floemático, la zona medular está constituida por parénquima de células redondeadas, de paredes delgadas y con abundantes cloroplastos (Fig. 3I).

La forma del peciolo de *Bonellia sprucei* es parecida a un sombrero con cutícula delgada y una epidermis uniestratificada por debajo se encuentran pequeños grupos aislados de esclerénquima, y una región de parénquima cortical, en el centro se encuentran tres haces vasculares unidos con forma de gota, rodeados entre sí por más fibras de esclerénquima, uno grande en centro y dos pequeños a cada lado (Fig. 3J).

Comparación de las estructuras anatómicas entre hojas y peciolos de las 10 especies leñosas estudiadas. Se compara la estructura anatómica entre las hojas y peciolos de cada una de las familias estudiadas (Tabla 2), el grosor de la hoja varió de 87,63 μm en Bignoniaceae hasta 41,50 μm en Primulaceae. El menor espesor del parénquima empalizada se

encontró en Primulaceae y el mayor espesor del parénquima esponjoso en Capparaceae. El mayor diámetro peciolar se encontró en Capparaceae y el menor en Primulaceae.

Grosor de las hojas

El valor máximo de 90,60 μm a 93,70 μm lo presentan las Bignoniaceae y Capparaceae valores mínimos de 38,00 μm a 40,00 μm las Primulaceae y Burseraceae. El mayor grosor promedio se presentó en las Bignoniaceae con 87,63 \pm 4,762 y el menor grosor en Primulaceae con 41,50 \pm 2,121. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en los IC_{95%} de Capparaceae con Bignoniaceae y Burseraceae con Primulaceae, pero en el resto si evidenciaron diferencias (Fig. 4).

Relación Parénquima empalizada/Parénquima esponjoso

Los resultados indican que hay una mayor relación entre el Parénquima empalizada y P. esponjoso en las Bignoniaceae, esto puede ser porque *Handroanthus billbergii* presentó un mayor desarrollo del parénquima de empalizada sobre el esponjoso de 1.13 μm por ser una hoja isobilateral, seguido de Burseraceae con 0.64 μm , que se encontraron en zonas abiertas, mientras que las Primulaceae y las Capparaceae tienen un menor relación de 0.54 y 0.52 μm de este tejido por su ubicación, posiblemente porque estaban bajo sombra, considerando que tres de estas especies eran pequeñas porque las habían plantado y se encontraban alrededor de los jardines de la facultad, estas especies fueron *Capparidastum petiolare*, *Cynophalla heterophylla* y *Bonellia sprucei*.

Espesor del Parénquima Empalizada

Con un intervalo de confianza al 95%, el menor valor promedio fue de 11,00 \pm 1,633 para *Bonellia sprucei* (Primulaceae), seguido de 13,80 \pm 1,398 de *Bursera graveolens* (Burseraceae), el mayor valor promedio es de 32,45 \pm 2,155 para la familia de las Bignoniaceae y 23,95 \pm 0,9958 para Capaparaceae. Se puede observar que existen diferencias significativas en todas las familias (Fig. 5).

Espesor del Parénquima esponjoso

El espesor máximo oscila entre 48,80 μm para Capparaceae y 35,00 μm para Bignoniaceae, el espesor

Tabla 2. Análisis anatómico cuantitativo de las medias y desviación estándar de las familias estudiadas.

Familias	Grosor de La hoja (μm)	Espesor del Parénquima Empalizada (μm)	Espesor del Parénquima Esponjoso (μm)	Diámetro del Peciolo (μm)
Capparaceae	87,22 \pm 2,352	23,95 \pm 0,9958	44,30 \pm 2,447	189,1 \pm 5,199
Burseraceae	45,10 \pm 2,998	13,80 \pm 1,398	21,60 \pm 1,713	162,5 \pm 13,89
Primulaceae	41,50 \pm 2,121	11,00 \pm 1,633	21,10 \pm 1,101	88,50 \pm 9,083
Bignoniaceae	87,63 \pm 4,762	32,45 \pm 2,155	28,71 \pm 3,499	132,3 \pm 2,218

Tabla 3. Relación del Parénquima Empalizada/ Parénquima Esponjoso en las familias estudiadas.

	Capparaceae	Burseraceae	Primulaceae	Bignoniaceae
Parénquima Empalizada	23,95 μm	13,80 μm	11,00 μm	32,45 μm
Parénquima Esponjoso	44,30 μm	21,60 μm	21,10 μm	28,71 μm
Relación de ambas	0.54	0.64	0.52	1.13

mínimo lo registran Primulaceae y Burseraceae con 20,00 μm . Se determinó que, de acuerdo a los promedios del parénquima esponjoso sí existen diferencias significativas, excepto para Burseraceae con Primulaceae (Fig. 6).

Peciolos

El mayor promedio de peciolos para la familia Capparaceae es de 189,1 \pm 5,199 μm y el menor de 88,50 \pm 9,083 μm para Primulaceae, esto puede estar asociado a que son hojas pequeñas y de hábito herbáceo. El diámetro máximo lo registra Capparaceae con 197,6 μm seguido de Burseraceae 180,0 μm , luego 136,0 μm de Binogniaceae y 110,0 μm de Primulaceae. Todas las familias presentan diferencias significativas (Fig.7).

Discusión

Las especies estudiadas presentaron caracteres epidérmicos relacionados con ambientes xerofíticos, tales como grosor de la hoja y cutícula, espesor del parénquima en empalizada, abundantes tricomas y estomas, lo que concuerda con Delbón (2010) quien afirma que estas características son estrategias que las plantas usan para evitar la pérdida de agua en ambientes o en épocas secas.

La mayoría de las especies estudiadas presentaron abundantes tricomas en la epidermis adaxial y abaxial como *Tecoma castaneifolia*, *Bursera graveolens*, *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla* y *Bonellia sprucei* presenta solo en el lado abaxial como *Cynophalla heterophylla*. Los tricomas presentan formas simples alargadas, aciculadas, glandulares, estrelladas hasta ramificadas, con distribución glabrescente hasta pelosa en *Colicodendron scabridum*. Esto se debe a que las hojas que tienen mayor densidad de complementos tricómicos o tricomas reducen la excesiva transpiración, debido a que limitan el movimiento del aire en la cutícula, concentrando así el vapor de agua, indirectamente se encargan de bajar la temperatura del ambiente ya que absorben o reflejan la luz solar (Gil, Seisdedos, Reyna, & Cerana, 2012).

Todas las hojas tuvieron una disposición de estomas hipostomática donde se evidenciaron cámaras estomáticas en la región abaxial, lo que señala Dickinson (2000) que la presencia de abundantes estomas viene acompañado por un mayor intercambio gaseoso en condiciones de escasa humedad e intensa iluminación, pero en temporadas de estrés hídrico estos estomas se cierran para evitar la pérdida innecesaria de agua.

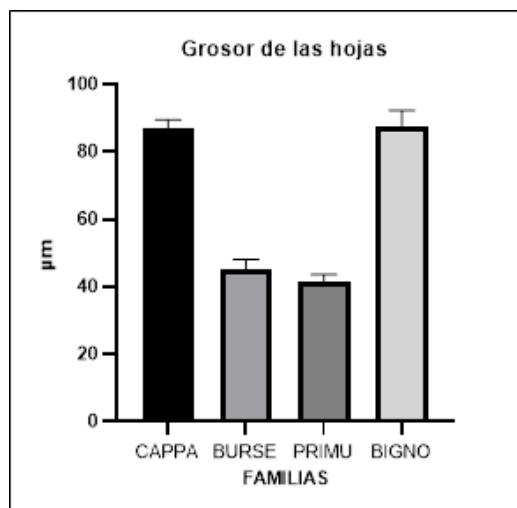


Figura 4. Grosor total de las hojas en las familias estudiadas, 40X.

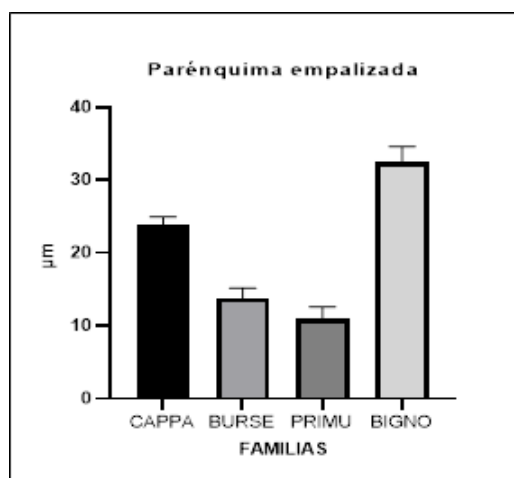


Figura 5. Diferencias del parénquima empalizada entre las familias estudiadas, 40 X.

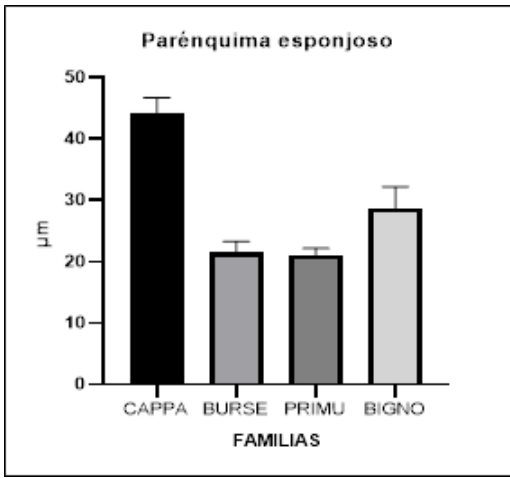


Figura 6. Diferencias del parénquima esponjoso entre las familias estudiadas, 40X.

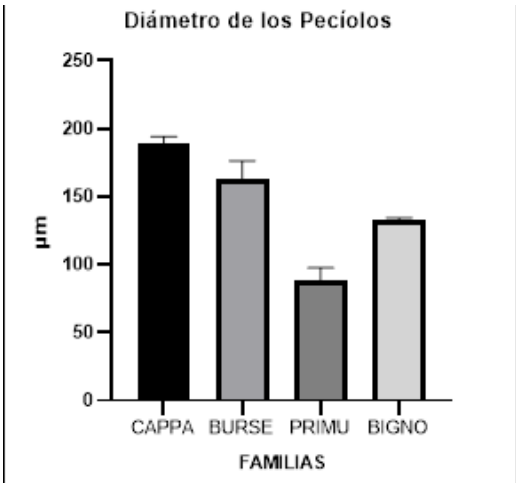


Figura 7. Diámetros de los peciolos para cada familia estudiada, 10X.

De acuerdo con Tafolla-Arellano et al. (2013), el grosor de la cutícula varía entre 0,5 y 15 micras, esto depende de la especie, el lugar en el que se desarrolla y la edad. Aunque no se hizo una medición específica para este tejido, en todas las familias observadas se encontraron cutículas gruesas lisas o estriadas, esto puede ser por la función que cumple como barrera protectora ante la pérdida de agua y la radiación UV, debido a que esta capa está compuesta por cutina y ceras cuticulares. Estos resultados se alinean a lo expuesto por Lallana et al., (2006), donde explica que el desarrollo de la cutícula es relativo con la incidencia solar, debido a que en un ensayo las plantas que estaban dentro de invernaderos desarrollaron cutículas delgadas a comparación a las que estuvieron expuestas a luz continua.

Casi todas las especies mostraron un tipo de hoja dorsiventral a excepción de *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla* que posee un tipo isobilateral. En cuanto al grosor de la lámina foliar, los promedios registrados fueron mayores en las Bignoniaceae con $87,63 \pm 4,762$, seguido de las Capparaceae con $87,22 \pm 2,352$. Este grosor puede estar asociado al factor ambiente o a la altitud, esta teoría lo confirmó Zamora et al. (2012), cuando estudió cuatro especies de *Lupinus* distribuidas en diferentes gradientes altitudinales, donde *L. exaltatus* que crecía a una altitud de 1860 m presentó hojas con un grosor mayor de 279.1 µm comparado con las de otras tres especies que crecían en altitudes mayores.

La relación parénquima en empalizada/parénquima esponjoso en Bignoniaceae fue mayor con 1.13 µm, debido a que sus especies presentaron mayor proporción del tejido empalizada sobre el esponjoso, sobretodo en *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*. Seguido de *Bursera graveolens* (Burseraceae), con una relación de 0.64 µm, lo que difiere con Castro & Granada (2010), cuya relación para la misma especie en Venezuela es de 1,06 µm.

La relación de estos dos tejidos en Capparaceae fue de 0.54 µm, predominando más el esponjoso, estos valores de relación P. emp. /P. esp, en otro estudio es mayor en los biotipos 1 y 3 con valores de 1.87 y 1.25 µm, mientras que en el biotipo 2 esta relación tiene un valor menor a uno, 0.81 µm asociado a un mayor desarrollo del parénquima esponjoso con relación al parénquima en empalizada (Torrecilla et al., 2009).

Algunas hojas de *Capparidastrium frondosum* y *Bursera graveolens* registraron una sola capa de parénquima en empalizada de células bien alargadas, mientras que en otros cortes del mismo espécimen variaba hasta dos capas, esta variabilidad es explicada por Metcalfe (1979), el número de capas de parénquima en empalizada puede variar entre distintas hojas de una misma especie y entre hojas de una misma planta. Otro autor asocia esta diferencia de estratos con la edad, siendo frecuente encontrar en plantas jóvenes una sola capa y en plantas adultas más de una Roth (1984). Esto explicaría la variación de capas debido a que algunos de los ejemplares muestreados aún presentaban tamaños pequeños.

En las Capparaceae específicamente *Cynophalla ecuadorica* y *C. heterophylla* la cutícula es gruesa, uniestrada con una epidermis adaxial de células más grandes que la abaxial, tipo de hoja dorsiventral, mayor espesor del parénquima esponjoso que el de empalizada, haces vasculares en disposición Kranz rodeados de fibras de esclerenquima. Caracteres algo similares por los hallados por Torrecilla et al. (2009), que estudiaron la anatomía foliar de *Cynophalla flexuosa* creciendo en tres biotipos, los resultados fueron los mismos a excepción del biotipo 1 y 3 que presentaban una alta relación parénquima empalizada/ parénquima esponjoso y mayor densidad estomática porque se encontraban en sitios de alta radiación.

+Los peciolo de *Cynophalla heterophylla* y *C. ecuadorica* presenta una epidermis uniestrata, mayor proporción de parénquima cortical, franja de fibras esclerenquimáticas, haces vasculares en forma de C semi cerrada, anatomía que coincide con *Cynophalla flexuosa* estudiada por Torrecilla et al. (2009), que propone profundizar en el estudio de otros caracteres. En *Bursera graveolens* se destaca las hojas dorsiventrales, hipostomáticas, con dos tipos de tricomas, drusas debajo de la epidermis y el mesófilo, lo mismo que describe Castro & Granada (2012) sobre varias especies de Burseraceae. Lo que difiere es la descripción en los peciolo, ya que ellos presentan abundantes drusas en el floema y parénquima medular, pero en este último no se vio la presencia de drusas sino de abundantes cloroplastos. También se pudo ver que ellos describen a los orificios asociados al floema como canales resiníferos, lo que se describió como canales secretores debido a que se encontraron dos gotas de aceite.

En Bignoniaceae predominan las hojas con mesófilo dorsiventral en *Tecoma* y *Handroanthus chrysanthus*, esta difiere de *H. billbergii* subsp. *ampla* por ser de estructura isobilateral. Para los peciolo de las tres especies, los haces vasculares son colaterales dispuestos en una sifonostela concordando con los resultados de Gonzáles (2013).

Con relación a las Primulaceae, en especial *Bonellia sprucei*, el tipo de hoja dorsiventral con tricomas ramificados y fibras de esclerenquima por debajo de ambas epidermis coinciden con los resultados encontrados por Nunes de Luna et al. (2013). Aunque su investigación fue dirigida en *Stylogyne*, existen caracteres similares, lo que no se encontró son drusas y cavidades secretoras que ellos reportan para otras especies.

Conclusiones

Los representantes estudiados de la familia Bignoniaceae presentaron un mayor grosor de 87.63 μm con respecto al promedio de las hojas de las otras Familias; algunos caracteres anatómicos foliares podrían estar influenciados por el ambiente debido a que la zona de bosque de Mapasingue de donde se obtuvieron las muestras soporta durante el año un fuerte déficit hídrico estacional marcado por una ausencia total de lluvias entre mayo a diciembre y una elevada radiación solar.

Los representantes estudiados de la familia Bignoniaceae tienen una relación de 1.13 del mesófilo (parénquima empalizado/ parénquima esponjoso), evidenciándose en su estructura isobilateral. Mayormente en *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*; el resto de Familias estudiadas presentó mesófilo dorsiventral.

Los representantes estudiados de la familia Capparaceae presentaron el mayor diámetro peciolar de 189,1 μm por el parénquima y tejido vascular más

desarrollado; el menor diámetro peciolar de 88, 5 μm fue registrado en la Familia Primulaceae.

Los peciolo de *Capparidastrium frondosum* y *C. petiolare* son similares por poseer una sola capa de colénquima anular a continuación dos capas de esclerenquima y cuatro estratos de parénquima cortical con abundantes cloroplastos, alrededor de los radios del xilema y del periciclo del floema se encuentran las fibras perivasculares del esclerenquima formando una sifonostela, mientras que *Cynophalla heterophylla* y *C. ecuadorica* son diferentes, porque en el centro del peciolo tienen fibras de esclerenquima con una franja continua de fibras perivasculares de esclerenquima y por debajo del periciclo del floema están presentes los radios medulares del xilema en forma estrellada y en forma de una "C" respectivamente.

Burseraceae posee una relación del mesófilo de 0.64 en comparación con las otras Familias estudiadas, a diferencia de con las otras posee canales resiníferos o canales secretores con gotas de aceite.

Recomendaciones

En posteriores trabajos que se realicen con estas familias, considerar las siguientes variables: grosor de la cutícula, espesor de la epidermis adaxial y abaxial, índice estomático.

Realizar estudios comparativos de la anatomía foliar de estas especies durante la época seca y lluviosa.

Comparar la histología de estas especies con otros biotipos para ver las diferencias entre sus tejidos.

Realizar estudios enfocados a tejidos de raíces entre estas familias, debido a la escasa información bibliográfica.

Para futuras investigaciones estudiar los nectarios florales para obtener información de estos tejidos.

Referencias

- Aguirre De la Hoz, A. C., & Ruiz- Zapata, T. (2017). Capparaceae Juss. del departamento del Atlántico, Colombia. *Ciencia en Desarrollo*, 8(1), 51-69.
- Aguirre, Z. (2020). *Especies vegetales del bosque estacionalmente seco de Ecuador*. Universidad Nacional de Loja.
- Aguirre, Z., Kvist, L. P., & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. En: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 162-187 p.
- Alonso Peña, J. (2011). *Manual de Histología Vegetal*. Paraninfo.
- Cardinal-McTeague, W.M., Sytsma, K.J., Hall, J.C. (2016). Biogeography and diversification of Brassicales: a 103 million year tale. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 99, 204-224. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.02.021>
- Castro, M., & Granada, W. (2012). Anatomía foliar de especies de *Bursera* Jacq. (Burseraceae) presentes en Venezuela, sus implicaciones taxonómicas y ecológicas. *Ernstia*, 20, 89-106.
- Cerda-Lemus, M. E. (2011). La familia Burseraceae en el estado de Aguascalientes, México. *Acta Botanica Mexicana*, 94, 1-25.
- Cornejo, X., & Iltis, H. H. (2008). The reinstatement

- of *Capparidastrium* (CAPPARACEAE). *Harvard Papers in Botany*, 13, 229-236.
- Delbón, N. (2010). Foliar anatomy and adaptive strategies in shrub species of Sierras Chicas, Cordoba (Argentina). *Arnaldoa*, 17, 41-49.
- El-Hawary, S. S., Taher, M. A., Amin, E., AbouZid, S. F., & Mohammed, R. (2021). Genus *Tabebuia*: A comprehensive review journey from past achievements to future perspectives. *Arabian Journal of Chemistry*, 14, 1-38.
- Esau, K. (1965). *Plant Anatomy*. 2nd edn. New York: Wiley.
- Esau, K. (1972). *Anatomía vegetal*. (J. Pons Rosell, Trad.) Barcelona: OMEGA, S.A.
- Gil, S. P., Seisdedos, L., Reyna, M. E., & Cerana, M. M. (2012). Epidermis foliar de tres especies de asteráceas nativas de Argentina con potencial ornamental. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 81, 205-210.
- Gonzalez, A. M. (2013). Indumento, nectarios extraflorales y anatomía foliar en Bignoniáceas de la Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48, 221-245.
- Grose, S. O., & Olmstead, R. G. (2007). Revisión taxonómica en el género polifilético *Tabebuia* s.l. (Bignoniaceae). *Botánica sistemática*, 32, 660-670.
- Lallana, M., Billard, C. E., Elizalde, J. H., & Lallana, V. (2006). Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 33, 229-241.
- Metcalfe, C. R., & Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford.
- Mott, K., & Michaelson, O. (1986). Amphistomy as an adaptation to high light. *Amer. J. Bot.*, 78: 76-79.
- Myburg, A. A., Lev-Yadun, S., & Sederoff, R. R. (2012). Structure and function of the xylem. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. doi:10.1002/9780470015902.a0002083.pub2
- Nunes de Luna, B., Tavares Carrijo, T., Freitas, M. de F., Franca Barros, C. (2013). Comparative leaf anatomy of neotropical *Stylogyne* species (Myrsinoideae-Primulaceae). *Rodriguesia*, 64, 717-726.
- Nunes de Luna, B. N., de Fátima Freitas, M., Baas, P., De Toni, K., & Barros, C. F. (2017). Leaf anatomy of five neotropical genera of Primulaceae. *International Journal of Plant Sciences*, 178, 362-377.
- Olmstead, R. G., Zjhra, M. L., Lohmann, L. G., Grose, S. O., & Eckert, A. J. (2009). A molecular phylogeny and classification of Bignoniaceae. *American Journal of Botany*, 96, 1731-1743.
- Pruyn, M. L., & Spicer, R. (2012). Parenchyma. En: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. doi:10.1002/9780470015902.a0002083.pub2
- Rodríguez- Godínez, R., & Almazán- Núñez, C. R. (2015). Composición florística y estructura de la familia Burseraceae en un bosque tropical caducifolio en Atenango del Río, Guerrero. *Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2, 685-689.
- Roth, I. (1992). *Leaf structure: coastal vegetation and mangroves of Venezuela*. Gebr. Borntraeger, Berlin, Germany.
- Sánchez, O., Kvist, L. P., & Aguirre, Z. (2006). Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 188-204.
- Sánchez-Recillas, A., Aragón-Castillo, S. L., Arroyo-Herrera, A. L., Araujo-León, J. A., & Ortiz-Andrade, R. R. (2020). EFECTO ESPASMOLÍTICO Y ANTIBACTERIANO DE LA ESPECIE *Bursera graveolens* Triana y Planch. (Kunth). *Polibotánica*, 49, 135-147.
- Tafolla-Arellano, J. C., González-León, A., Tiznado-Hernández, M., Zacarías García, L., & Báez-Sañudo, R. (2013). Composition, physiology and biosynthesis of plant cuticle. *Rev. Fitotec. Mex.*, 36, 3-12.
- Torrecilla, P., Castro, M., & Lapp, M. (2009). Morfoanatomía foliar en especímenes de *Capparis flexuosa* (L.) (Capparaceae) creciendo en tres localidades distintas del estado Aragua (Venezuela). *Ernstia*, 19, 35-54.
- Valerio, R., Franco-Salazar, V., & Véliz, J. (2013). Adaptaciones epidérmicas foliares de cuatro especies perennifolias, isla La Tortuga, Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica*, 36, 39-59.
- Villacis Rivas, G., Aguirre Mendoza, Z., González González, A., Benítez Gonzalez, E., Aguirre Mendoza, N., & Paredes, D. (2015). Pasado, presente y futuro de los "guayacanes" *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) SO Grose y *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) SO Grose, de los Bosques secos de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 22, 85-104.
- Xu, Z., & Chang, L. (2017). Primulaceae. En: *Identification and Control of Common Weeds*. Springer, Singapore, 3, 51-81.
- Zamora-Natera, J. F., & Terrazas, T. (2012). Anatomía foliar y del peciolo de cuatro especies de *Lupinus* (Fabaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 687-697.
- Zapater, M. A., Califano, L. M., Del Castillo, E. M., Quiroga, M. A., & Lozano, E. C. (2009). Native and exotic species of *Tabebuia* and *Handroanthus* (Tecomeae, Bignoniaceae) in Argentina. *Darwiniana*, 47, 185-220.