

ANATOMÍA FOLIAR DE CUATRO ESPECIES FORESTALES

Leaf anatomy of four forest species

Osmary Z. ARAQUE¹, Ramón E. JAIMEZ¹ y Wilmer TEZARA²¹Laboratorio de Ecofisiología de Cultivos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes
oaraque@cantv.net; rjaimez@ula.ve²Instituto de Biología Experimental. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela
wtezara@gmail.com

RESUMEN

Se realizó el estudio de la anatomía foliar de las especies *Cedrela odorata*, *Cordia thaisiana*, *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, con el fin de definir algunos caracteres de valor adaptativo para la sobrevivencia de las mismas. Se utilizó material fresco de hojas expuestas, y se preparó siguiendo procedimientos clásicos para el estudio anatómico. Todas las especies presentan hojas hipostomáticas, con estomas anomocíticos y mesófilo bifacial, además de vainas vasculares que se extienden a ambos lados de la lámina foliar. Se presenta una combinación de características anatómicas mesomorfas y xeromorfas, que se podrían explicar por el sitio de estudio, que presenta altas tasas de radiación y buena disponibilidad de agua.

Palabras clave: Anatomía, *Cedrela*, *Cordia*, hoja, *Swietenia*, *Tabebuia*

ABSTRACT

In order to determine the anatomical traits that enable *Cedrela odorata*, *Cordia thaisiana*, *Swietenia macrophylla* and *Tabebuia rosea* to survive in tropical environments, a comparative study regarding the leaf anatomy was carried out. Study material consisted of exposed fresh leaves, which were collected, fixated and prepared according to classical methods of plant anatomy. These four species have hypostomatic leaves, anomocytic stomata and a bifacial mesophyll, with projections of the vascular bundle sheaths to both surfaces. All species share a combination of both mesomorphic and xeromorphic features, which are very likely the result of an adaptation to the high irradiation rates and abundant water supply that characterized the study site.

Key words: Anatomy, *Cedrela*, *Cordia*, leaf, *Swietenia*, *Tabebuia*

INTRODUCCIÓN

El uso de especies forestales con alto valor comercial como *Cedrela odorata* L. (Cedro), *Cordia thaisiana* Agostini (Pardillo Negro), *Swietenia macrophylla* King (Caoba) y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. (Apamate) es común en sistemas agroforestales (Heuveldop *et al.* 1988; Budowski 1993; Villareal *et al.* 2006). La utilización de estas especies en dichos sistemas es una alternativa para la recuperación de muchas de ellas en peligro de extinción (Llamozas *et al.* 2003).

ISSN 0084-5906
Depósito Legal 196902DF68

Recibido: 06/05/2010
Aceptado: 26/05/2011

Un aspecto importante a considerar para el entendimiento y establecimiento de los sistemas agroforestales es conocer las características de cada componente. El conocimiento de la estructura anatómica de las especies forestales, especialmente de la hoja, podría indicar la capacidad de las plantas para adaptarse a un ambiente específico. Las especies consideradas en el presente estudio tienen amplia distribución encontrándose desde México hasta Bolivia, de 100 a 500 m snm, se desarrollan mejor en suelos bien drenados, con alta disponibilidad de agua y suficiente luz para obtener buenas tasas de crecimiento (Cintrón 1990; Llamozas *et al.* 2003). Estas especies han sido poco estudiadas en aspectos relacionados con la anatomía foliar, a pesar de su alto valor comercial, sólo se han realizado estudios a nivel de familia y/o género donde incluyen descripciones de algunas especies, sin mencionar las aquí analizadas (Metcalfé & Chalk 1950; Sugden 1985; Hanumantha & Vjaya-Kumar 1995; Rapisarda *et al.* 1997; Fariña *et al.* 2003; Lemos-Filho & Paiva 2006; Arambarri *et al.* 2008; Dousseau *et al.* 2008; Silveira 2008; Abbade *et al.* 2009).

Considerando la importancia económica de las especies maderables *Cedrela odorata*, *Cordia thaisiana*, *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, el objetivo del presente trabajo es aportar información sobre su anatomía foliar y definir algunos caracteres de valor adaptativo de sobrevivencia en la zona sur del lago de Maracaibo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para los estudios anatómicos se utilizaron hojas de las especies *Cordia thaisiana* (Boraginaceae), *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) y *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae), recolectadas en individuos de año y medio de edad en un ensayo agroforestal con Cacao, en la finca La Judibana, de la Universidad de Los Andes, El Vigía, estado Mérida. Los individuos se sembraron en la misma época, y se les aplicaron labores de manejo similares. La zona se caracteriza por tener un promedio anual de precipitación y temperatura de 1836 mm y 28,6°C, respectivamente (Estación Meteorológica de la Fuerza Aérea, El Vigía, Mérida). Para cada especie se recolectaron 3-4 hojas sanas y maduras de tres individuos, con características fenotípicas similares (vigor, altura y estado fitosanitario), en hojas compuestas se recolectaron los folíolos centrales.

Para el análisis microscópico las muestras de hojas fueron fijadas en FAA (formalina-ácido acético-alcohol etílico); posteriormente, se cortaron porciones centrales (incluyendo vena media) de aproximadamente 3 cm², las cuales fueron deshidratadas con series de alcohol butílico, etanol y agua en diferentes proporciones y luego se realizó la inclusión en paraplast de acuerdo a los procedimientos estándares de Johansen (1940). Los cortes en sección transversal de 20 µm de grosor, fueron realizados con un micrótopo de rotación; estas secciones fueron teñidas con safranina al 50% y fast green, para luego hacer el montaje permanente con bálsamo de Canadá. Para la determinación del número de estomas por mm² y longitud de células en vista superficial, se tomaron porciones de lámina foliar, se acl-

raron en hipoclorito de sodio al 4% durante aproximadamente 72 h; al obtenerse una coloración blanquecina, se procedió a la separación de las capas epidérmicas, para posteriormente realizar la deshidratación empleando series de alcohol etílico desde 35 a 95%, luego la tinción empleando safranina al 50%, y por último el montaje permanente con bálsamo de Canadá. Para cada carácter evaluado cuantitativamente: espesor de lamina foliar, del parénquima en empalizada, del parénquima esponjoso, de la epidermis adaxial, de la apidermis adaxial, largo de estomas, ancho de estomas, largo de células de la epidermis adaxial, ancho de células de la epidermis adaxial, largo de células de la epidermis abaxial, ancho de células de la epidermis abaxial; se realizaron 20 mediciones seleccionadas aleatoriamente en varios campos de observación. Para la determinación de la densidad estomática, se contaron los estomas presentes en cinco campos de observación, los cuales fueron seleccionados aleatoriamente. Para las variables cuantitativas se obtuvo la estadística descriptiva, además se realizaron análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) y prueba de diferencias de medias (Tukey), empleando el programa estadístico SPSS 13.0 para Windows. Se tomaron fotomicrografías de la superficie epidérmica, vista transversal y vena media de la lámina foliar, con una cámara (Pentax SFXn) acoplada a un microscopio binocular (Kyowa, Medilux 12).

RESULTADOS

Características epidérmicas

En vista superficial la epidermis adaxial de las cuatro especies estudiadas es de paredes delgadas, con contornos lisos en *C. thaisiana* y *T. rosea*, y ligeramente sinuosos a sinuosos en *S. macrophylla* y *C. odorata*, respectivamente. Cutícula papilosa en *C. odorata* y cistolitos presentes en *C. thaisiana* con densidad de 41 por mm^2 (Fig. 1).

Las cuatro especies presentaron epidermis abaxial con células de paredes delgadas y contornos ligeramente sinuosos (Fig. 2).

Los estomas están presentes sólo en la cara abaxial, son de tipo anomocítico. La mayor densidad estomática se observó en *S. macrophylla*, la menor en *C. thaisiana* y *T. rosea* (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones de las características anatómicas de cuatro especies forestales estudiadas.

Variable	Especie			
	<i>Cedrela odorata</i>	<i>Cordia thaisiana</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Tabebuia rosea</i>
EL (μm)	213,9 ^b ± 2,4	278,5 ^c ± 3,9	188,7 ^a ± 3,9	221,4 ^b ± 2,3
EPem (μm)	73,8 ^b ± 1,3	123,1 ^c ± 2,7	67,2 ^a ± 1,8	79,5 ^b ± 0,9
EPes (μm)	111,8 ^b ± 2,3	118,6 ^b ± 2,6	89,6 ^a ± 2,6	91,9 ^a ± 1,6
EEad (μm)	14,20 ^a ± 0,4	24,83 ^c ± 0,1	18,41 ^b ± 0,5	23,9 ^c ± 0,7
EEab (μm)	9,12 ^a ± 0,3	18,08 ^c ± 0,5	11,62 ^b ± 0,3	11,01 ^b ± 0,3
LEst (μm)	19,6 ^a ± 0,5	33,4 ^c ± 0,5	20,1 ^a ± 0,3	24,2 ^b ± 0,3

Tabla 1. Continuación.

Variable	Especie			
	<i>Cedrela odorata</i>	<i>Cordia thaisiana</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Tabebuia rosea</i>
AEst (μm)	12,3 ^a \pm 0,4	25,3 ^d \pm 0,4	14,6 ^b \pm 0,3	16,5 ^c \pm 0,4
Estomas /mm ²	382 ^b \pm 11	127 ^a \pm 5	480 ^c \pm 16	125 ^a \pm 10
LEad (μm)	45,3 ^b \pm 1,2	44,4 ^b \pm 1,1	36,1 ^a \pm 0,8	41,68 ^b \pm 1
AEad (μm)	24,5 ^b \pm 0,5	29,2 ^c \pm 0,3	20,5 ^a \pm 0,5	22,2 ^b \pm 0,6
LEab (μm)	24,5 ^a \pm 0,7	35,1 ^c \pm 0,9	25,2 ^a \pm 0,6	29,4 ^b \pm 0,8
AEab (μm)	14,3 ^a \pm 0,4	22,6 ^b \pm 0,3	14,7 ^a \pm 0,4	15,9 ^a \pm 0,4

EL = espesor de lamina foliar, EPem = espesor de parénquima en empalizada, EPes = espesor de parénquima esponjoso, EEad = espesor de epidermis adaxial, EEab = espesor de epidermis abaxial, Lest = largo de estomas, AEst = ancho de estomas, Lead = largo de células de epidermis adaxial, AEad = ancho de células de epidermis adaxial, LEab = largo de células de epidermis abaxial, AEab = ancho de células epidermis abaxial. Los valores representan la media ($n = 60$) \pm error estándar. Letras iguales en la misma fila representan grupos no significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).

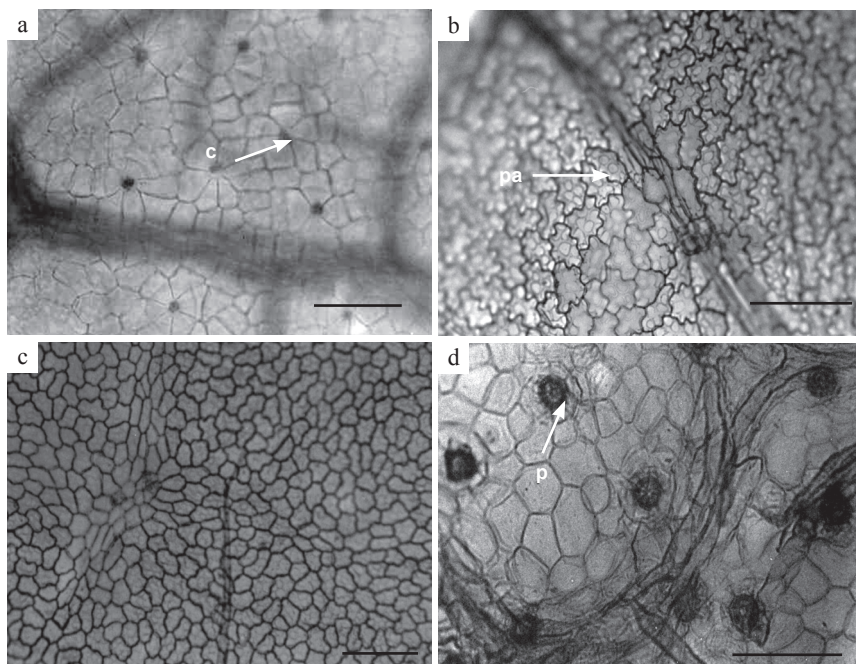


Fig. 1. Vista superficial de la epidermis adaxial. **a.** *C. thaisiana*. **b.** *C. odorata*. **c.** *S. macrophylla*. **d.** *T. rosea*. Escala = 100 μm . p = tricoma peltado, c = estoma, pa = papilas.

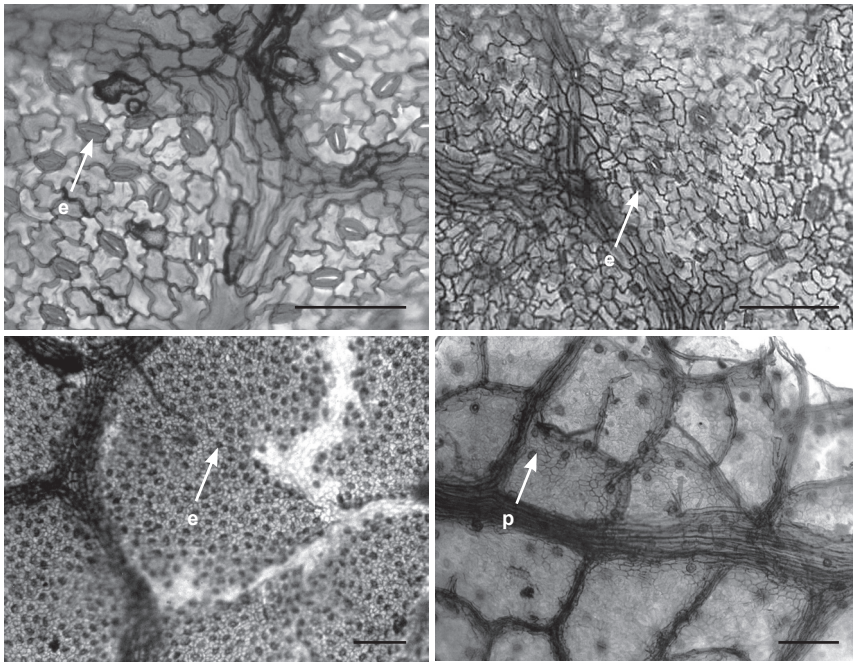


Fig. 2. Vista superficial de la epidermis abaxial. **a.** *C. thaisiana*. **b.** *C. odorata*. **c.** *S. macrophylla*. **d.** *T. rosea*. Escala = 100 μ m. Nótese la diferencia de tamaño de los estomas (e), p = tricoma peltado.

Se observaron pelos en ambas caras en tres especies, de tipo simple en *C. odorata* y *S. macrophylla* y de tipo peltado en *T. rosea*. Abundantes cristales prismáticos en la venación de segundo y tercer orden fueron observados en ambas epidermis de *C. odorata*.

Las cuatro especies presentan epidermis uniestratificadas en ambas caras. En sección transversal las células son isodiamétricas, cuadradas a rectangulares, en *S. macrophylla* redondeadas a rectangulares (Fig. 3). Cutícula muy delgada en *S. macrophylla* y *C. odorata*, y gruesa en *T. rosea* (4 μ m de espesor).

Características del mesofilo

Las cuatro especies presentan mesofilo bifacial, con células del parénquima en empalizada alargadas y compactas, conformado por 1-2 capas de células (hasta 5 en *C. thaisiana*). El parénquima esponjoso es moderadamente laxo en todas las especies con 5-8 capas de células redondeadas (Fig. 3).

En *C. thaisiana* los listocitos (células que contienen los cistolitos) se observan hacia la cara abaxial, en algunos casos se extienden hasta el parénquima es-

ponjoso (Fig. 3a) y los estomas se encuentran al mismo nivel de las células epidérmicas, en el resto de las especies se observan sobre las células de la epidermis. Se encontraron células mucilaginosas en *C. odorata* y *S. macrophylla* (Fig. 3b y 3c).

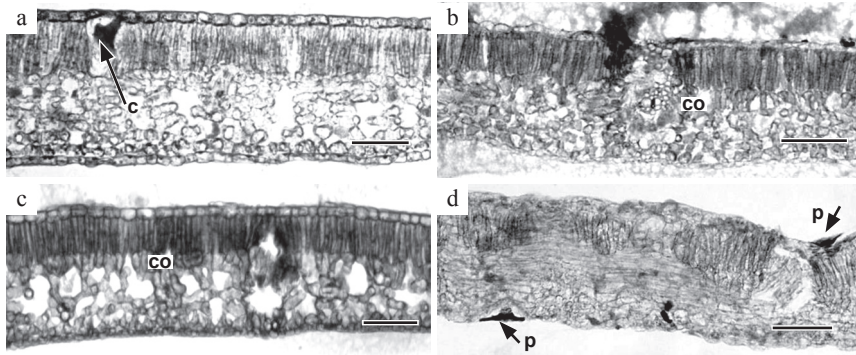


Fig. 3. Vista transversal de la lámina. **a.** *C. thaisiana*. **b.** *C. odorata*. **c.** *S. macrophylla*. **d.** *T. rosea*. Escala = 100 μ m. p = tricoma peltado, c = cistolito, co = célula mucilaginosa.

Haces vasculares

Todas las especies tienen haces abiertos, limitados por vainas de 1-3 capas de células que se orientan a ambas caras de la lámina.

Características de la vena media

Pronunciada hacia ambas caras a excepción de *T. rosea* que es sólo hacia la abaxial. Epidermis uniestratificada en ambas caras. Tejido fundamental constituido por células de paredes delgadas. Células colenquimáticas presentes en todas las especies, formando 1-3 capas hacia la cara adaxial. Hipodermis y células mucilaginosas observadas sólo en *C. odorata*. Sistema vascular conformado por numerosos haces (6-13), excepto en *C. odorata*, conformado por un haz en forma de óvalo. Células esclerenquimáticas rodeando el conjunto de haces (excepto en *T. rosea*) formando 2-3 capas (Fig. 4)

Se encontraron diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) entre las especies (Tabla 1) para los espesores de lámina foliar, parénquima en empalizada y esponjoso, epidermis adaxial y abaxial, para largo y ancho de estomas, de células epidérmicas adaxiales y abaxiales así como para el número de estomas por mm^2 .

C. thaisiana presentó el mayor espesor de lámina foliar y el mayor tamaño de estomas, sin embargo es la especie con el menor número de estomas. Caso contrario lo muestra *S. macrophylla* con la mayor densidad estomática, el menor espesor de lámina foliar y menor tamaño de estomas. *C. odorata* y *T. rosea* no tuvieron diferencias en el espesor de la hoja con valores intermedios entre *C. thaisiana* y *S. macrophylla*.

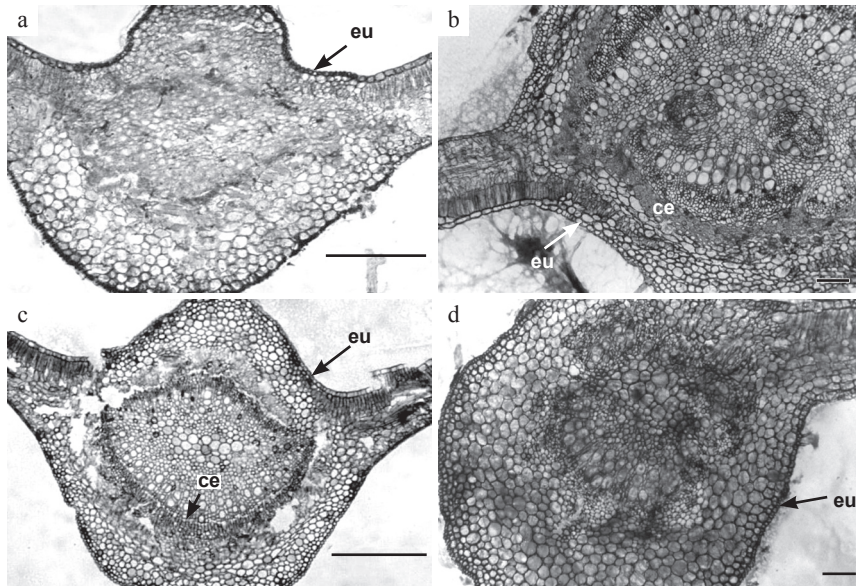


Fig. 4. Vena media. **a.** *C. thaisiana*. **b.** *C. odorata*. **c.** *S. macrophylla*. **d.** *T. rosea*. Escala = 400 μm (a y c), 100 μm (b y d). ce = células esclerenquimáticas, eu = epidermis uniestratificada.

DISCUSIÓN

Las descripciones de *Cordia thaisiana* corresponden con lo reportado para la familia y el género por Metcalfe & Chalk (1950), Rapisarda *et al.* (1997) y Fariña *et al.* (2003). La presencia de cistolitos es común en especies del género *Cordia*, pudiendo ser utilizada como un carácter de identificación a nivel de familia y/o género; la densidad de estos cristales puede variar entre especies pues en *C. thaisiana* el número de listocitos es superior a lo reportado para otras especies del género (Hanumantha & Vjaya-Kumar 1995). Esta característica al parecer es un mecanismo de defensa contra el ataque de insectos ya que no se observaron disminuciones del área foliar o daños en algunos órganos en especial tallo u hojas (Araque *et al.* 2009). La presencia de tricomas asociados a los cistolitos como se describe en *C. curassavica* (Arambarri *et al.* 2008) están ausentes en la especie *C. thaisiana*.

Los tricomas peltados en *Tabebuia rosea*, así como las hojas hipostomáticas, con estomas anomocíticos, epidermis uniestratificadas en ambas caras y paredes sinuosas en la epidermis abaxial coinciden con lo reportado para *T. heptaphylla*, *T. serratifolia*, *T. cassionoides* y *T. roseo-alba* (Arambarri *et al.* 2008; Dousseau *et al.* 2008; Silveira 2008; Abbade *et al.* 2009). El número de estomas/ mm^2 en *T. rosea* es similar a lo señalado para *T. heptaphylla* y *T. serratifolia*, e

inferior a lo encontrado en *T. cassionoides*, mientras que el espesor de la lámina foliar en *T. rosea* es mayor que en *T. heptaphylla* y *T. serratifolia* e inferior que en *T. cassionoides* (Dousseau *et al.* 2008; Silveira 2008; Abbade *et al.* 2009).

Para las especies *C. odorata* y *S. macrophylla* lo encontrado coincide con lo reportado para la familia y el género por Metcalfe & Chalk (1950). La presencia de células mucilaginosas, cristales prismáticos e indumento de tipo simple se observa en ambas especies. Los resultados obtenidos para el espesor de lámina en *S. macrophylla* no corresponden a lo encontrado por Lemos-Filho & Paiva (2006), quienes indican espesores de lámina foliar en hojas expuestas al sol de 600 μm , esto puede ser indicativo de la buena disponibilidad de agua presente en el ambiente del área de estudio.

Las especies analizadas presentan una estructura anatómica foliar con características combinadas de tipologías mesomórficas y xeromórficas, propias de especies que crecen en zonas con altas radiaciones y buena disponibilidad de agua y podría estar asociado a mecanismos de adaptación a altas tasas de humedad y sequías temporales (Lindorf 1992; Smith *et al.* 1997; Jáuregui & Cardozo 2000). Esta combinación de características (mesófilo bifacial con parénquima en empalizada alargado, estomas sólo en la cara abaxial, ausencia de hipodermis, estomas numerosos ($> 300 \text{ mm}^2$), haces vasculares con vainas alargadas, presencia de cutícula) aunado a las condiciones del ambiente en el área de estudio, podrían explicar las altas tasas de sobrevivencia de las cuatro especies (Araque *et al.* 2010).

El parénquima esponjoso medianamente laxo en todas las especies, podría interpretarse como un mecanismo de adaptación a los diferentes cambios de temperatura foliar que experimentan a lo largo del día, oscilando entre los 25 y 38°C; de igual forma las vainas que rodean los haces vasculares podrían actuar como un mecanismo de protección de los mismos a la alta incidencia lumínica del sitio (500-1700 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$), así como la presencia de células esclerenquimáticas que cumplen funciones de soporte cuando la hoja ha sufrido pérdida excesiva de agua (Ragonese 1990; Jáuregui & Cardozo 2000; Ely *et al.* 2005; Araque *et al.* 2009). Las diferencias en el número de estomas y espesor de la lámina foliar entre las especies estudiadas no implican variaciones significativas en las tasas fotosintéticas (Araque *et al.* 2009; Azocar 2009).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los profesores Williams J. León H., Jorge Parra M., Luis E. Gámez A. y Luis Cedeño de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, por su colaboración y acertadas observaciones durante el desarrollo de la investigación. Este trabajo fue financiado por el MCT, Sub-proyecto 5 del Proyecto en red de la "Ruta del Chocolate" N° 200500898 y el CDCHTA-ULA proyecto PIC-CVI-FO-04-09-01.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbade, L., P. de Oliveira, R. Paiva, E. de Castro, A. Centofante & C. de Oliveira. 2009. Anatomía foliar de ipê-branco (*Tabebuia roseo alba* (Ridl.) Sand.) Bignoniaceae, proveniente do cultivo *ex vitro* e *in vitro*. *Acta Sci.* 31(3): 307-311.
- Arambarri, A., S. Freire, M. Colares, N. Bayon, M. Novoa, C. Monti & S. Stenglein. 2008. Leaf anatomy of medicinal shrubs and trees from misiones forest of the Paranaense Province (Argentina). Part. 2. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 43(1-2): 31-60.
- Araque, O., R. Jaimez, W. Tezara, C. Azócar, W. Espinoza & I. Coronel. 2010. Crecimiento de especies maderables y cultivares de cacao en un sistema agroforestal al sur del Lago de Maracaibo, Venezuela. *Memorias del X Congreso Latinoamericano de Botánica*. La Serena. Chile.
- Araque, O., R. Jaimez, C. Azócar, W. Espinoza & W. Tezara. 2009. Relaciones entre anatomía foliar, intercambio de gases y crecimiento en juveniles de cuatro especies forestales. *Interciencia* 34(10): 725-729.
- Azócar, C. 2009. Intercambio de gases, relaciones hídricas y fluorescencia de la clorofila a en juveniles de 4 especies maderables en la región al sur del Lago de Maracaibo. Trabajo Especial de Maestría. Postgrado de Ecología Tropical. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes, Mérida.
- Budowski, G. 1993. Agroforestería: una disciplina basada en el conocimiento tradicional. *Revista Forest. Centroamericana* 2(3): 14-18.
- Cintrón, B. 1990. *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, Spanish cedar. In: Burns, R.M. & B.H. Honkala (eds.). *Silvics of North America: 2. Hardwoods. Agric. Handb.* 654, pp. 250-257. Washington, DC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Dousseau, S., A. Alves, E. Mauro, R. Pereira, E. Bucsán & L. Amaral. 2008. Anatomía foliar de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich (Bignoniaceae) propagadas *in vitro*, *in vivo*, e durante a aclimatização. *Ci. & Agrotecnol.* 32(6): 1694-1700.
- Ely, F., F. Torres & J. Gaviria. 2005. Relación entre la morfoanatomía foliar de tres especies de *Miconia* (Melastomataceae) con su hábitat y distribución altitudinal en el Parque Nacional Sierra Nevada de Mérida, Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 28: 275-300.
- Fariña, A., D. Arrieche, A. Boada-Sucre & D. Velásquez. 2003. Anatomía comparada de la lámina foliar de las especies de *Heliotropium* L. (Boraginaceae) presentes en Venezuela. *Interciencia* 28(2): 68-74.
- Hanumantha, B. & K. Vjaya-Kumar. 1995. Lithocysts as taxonomic markers of the species of *Cordia* L. (Boraginaceae). *Phytologia* 78(4): 260-263.
- Heuvelodop, J., H. Fassbender, L. Alpizar, G. Enriquez & H. Fölster. 1988. Modelling agroforestry systems of Cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica.

- II. Cacao and wood production, litter production and decomposition. *Agroforest. Systems* 6: 37-48.
- Jáuregui, D. & A. Cardozo. 2000. Anatomía foliar de dos especies de Chrysobalanaceae presentes en el Parque Nacional Henry Pittier. *Acta Bot. Venez.* 23(1): 9-18
- Johansen, D. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw Hill, New York.
- Lemos-Filho, J. & A. Paiva. 2006. The effects of sooty mold on photosynthesis and mesophyll structure of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King., Meliaceae). *Bragantia* 65(1): 11-17.
- Lindorf, H. 1992. Anatomía foliar de especies de un bosque húmedo en el Territorio Federal de Amazonas, Venezuela. *Mem. Soc. Ci. Nat. La Salle* 52: 65-92.
- Llamoza, S., R. Duno de Stefano, W. Meier, R. Riina, F. Sauffer, G. Aymard, O. Huber & R. Ortiz. 2003. *Libro rojo de la Flora Venezolana*. Caracas. Provita, Fundación Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela "Dr. Tobías Lasser", Conservación Internacional.
- Metcalf, C. & L. Chalk. 1950. *Anatomy of the dicotyledons*. Vol 1. Clarendon Press, Oxford.
- Ragonese, A. 1990. Caracteres xeromorfos foliares de *Nassauvia lagascae* (Compositae). *Darwiniana* 30(1-4): 1-10.
- Rapisarda, A., L. Iauk & S. Ragusa. 1997. Micromorphological study on leaves of some *Cordia* (Boraginaceae) species used in traditional medicine. *Econ. Bot.* 51(4): 385-391.
- Silveira, U. 2008. Variação intra-específica na anatomia da folha e do lenho de *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. (Bignoniaceae) em ambientes distintos. Teses de Maestria. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- Smith, W., T. Vogelmann, E. DeLucia, D. Bell & A. Shepherd. 1997. Leaf form and Photosynthesis. *BioScience* 47(11): 785-793.
- Sugden, A. 1985. Leaf anatomy in a Venezuelan montane forest. *Bot. J. Linn. Soc.* 90(4): 231-241.
- Villarreal, A., O. Carrero, E. Arends, D. Sánchez & E. Escalante. 2006. Evaluación de rendimientos y rentabilidad de los componentes asociados a *Swietenia macrophylla* (Caoba), *Cedrela odorata* (Cedro) y *Carica papaya* (Lechosa), establecidos en ensayos agroforestales en la Finca ULA, Estación Experimental Caparo, Edo. Barinas, Venezuela. *Revista Forest. Latinoamer.* 39: 85-104.