

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DEL TALLO DE BÁLSAMO DE INCIENSO (*Bursera tomentosa* (Jacq.) Tr. & Planch.)

Maicol Castillo¹, María E. Sanabria¹, Carelia Hidalgo² y Yaritza Perozo¹

RESUMEN

Se describe la estructura anatómica del tallo de *B. tomentosa* a partir de muestras tomadas en plantas ubicadas en la zona de Tarabana, municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela, en condiciones silvestres. Las muestras fueron procesadas según métodos comunes de microtecnia vegetal. Se encontró que el tallo de esta especie presenta una epidermis uniestratificada con abundantes tricomas de tipo glandular multicelular uniseriados y no glandulares multicelulares no ramificados uniseriados; en la corteza se encontraron canales secretores y bandas de esclerénquima; los haces vasculares son de tipo colateral abierto. El crecimiento secundario del órgano mostró un tipo xeromorfo, con abundantes drusas en la corteza, floema, radios, y médula; el xilema se caracterizó por poseer vasos múltiples, cortos y delgados, muy abundantes y con bajo índice de vulnerabilidad; radios uniseriados, biseriados y multiseriados. En conclusión, la estructura anatómica general del tallo de *B. tomentosa* exhibe una estrategia de xeromorfismo xilemático, característica favorable para plantas que habitan en condiciones semiáridas.

Palabras clave adicionales: Plantas maderables, índice de vulnerabilidad, xeromorfismo

ABSTRACT

Anatomical characteristics of the stem of *Bursera tomentosa* (Jacq.) Tr. & Planch.

The anatomical structure of the stem of *B. tomentosa* was described based on samples obtained from wild plants in the location of Tarabana, Palavecino County, Lara State, Venezuela. Standard procedures of vegetal microtechniques were followed to make sectioning. The primary growth presented epidermis with a single layer of cells, abundant glandular multicellular uniseriated and non-glandular multicellular unbranched uniseriated trichomes. The vascular bundles are collateral open type, sclerenchyma bands and secretor channels at the cortical level. Secondary growth is xeromorphic type, with abundant druses in the cortex, phloem, rays, and pith; the xylem is characterized by many short multiple vessels, with small diameter, and low vulnerability index; rays uniseriated, biseriated and multiseriated types. It is concluded that the xylem of *B. tomentosa* shows a xeromorphic strategy, a favorable characteristic for plants living in semiarid conditions.

Additional key words: Wooden plants, vulnerability index, xeromorphism.

INTRODUCCIÓN

Bursera tomentosa (Jacq.) Tr & Planch. está incluida en la familia Burseraceae representada por árboles y arbustos de la zona tropical de América y el noreste de Africa (Espinosa y León, 1996). Es un árbol propio de zonas semiáridas que se distribuye desde Centro América hasta el norte de Sudamérica, donde es conocida comúnmente como bálsamo de incienso y tiene múltiples aplicaciones como planta medicinal y artesanal. En Venezuela crece desde el nivel del mar hasta

los 800 m de altitud (Hoyos, 1994; Smith et al., 1996). Esta especie presenta una madera blanca, muy apreciada por los artesanos del municipio Jiménez del estado Lara, para la realización de diferentes tallados, actividad que constituye un ingreso familiar importante. La explotación de ésta, junto a otras especies de la zona semiárida, aparentemente ha sido exhaustiva ya que en sondeos de vegetación recientes no se registra su presencia, por lo cual se le podría considerar una especie amenazada.

Las plantas pueden estar influenciadas por el

Recibido: Enero 12, 2004

Aceptado: Enero 19, 2005

¹ Posgrados de Agronomía. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". e-mail: mjcastillo@terra.com.ve; mesanabria@ucla.edu.ve.

² Dpto. de Ciencias Biológicas. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: carelia_hidalgo@yahoo.com.

macroclima, es decir, pueden adaptarse a diferentes temperaturas y a la disponibilidad de agua (Roth, 1976). Es posible encontrar con frecuencia en las mismas, caracteres anatómicos que muestran una estrecha correlación con el tipo de hábitat en el cual suelen sobrevivir. Cualquier adaptación que se observe en la anatomía de un órgano vegetal y de la que podría pensarse como un valor ecológico, debe ser a menudo dominante en géneros de una misma familia (Cutler, 1987).

Gómez-Vásquez y Engleman (1983) estudiaron la anatomía del tallo de *Bursera longipes* Rose y *B. copallifera* (Sessé & Moc.) Bunlock y determinaron que la distribución de los poros era difusa y que el diámetro de los vasos varió entre 94 y 92 μm y la densidad de vasos fue de 5-mm^{-2} y 4-mm^{-2} , respectivamente. El largo de estas estructuras resultó ser de 442 μm y de 300 μm y la frecuencia de los radios- mm^{-2} varió entre 18 y 19, clasificados como uniseriados o multiseriados y heterogéneos.

Espinosa y Hernández (1996) y León (2002) realizaron un estudio similar en diferentes especies madereras y destacan la importancia de estas características en aspectos relacionados con la tecnología de maderas ya que permiten establecer las posibles incidencias de la estructura anatómica de la madera sobre aspectos de tecnología, en cuanto al procesamiento y utilización.

La adaptación de una especie a un determinado ambiente suele mostrar correlación con la estructura anatómica de algunos órganos, por lo que se considera necesario su estudio simultáneo (Lindorf, 1994). A juicio de este mismo autor (Lindorf, 1998) factores como temperatura, irradiación y disponibilidad de agua se correlacionan con determinadas características anatómicas de la madera y la estructura foliar, coincidiendo con topologías xeromórficas o mesomórficas. Para establecer el valor ecológico de un determinado rasgo anatómico se requiere constatar experimentalmente que los caracteres de la especie estén bien expresados y le sean propios (Cutler, 1987).

En tal sentido, el objetivo del presente estudio fue determinar las características anatómicas del tallo de *B. tomentosa* en las condiciones de clima semiárido donde habita.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de tallo a seis plantas silvestres de aproximadamente 4 a 6 m de altura y 15 a 20 cm de diámetro del tallo; ubicadas en el campo experimental del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", el cual se encuentra en Tarabana, municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela, a 570 msnm, con una temperatura promedio mensual de 24,5 °C y un promedio de precipitación anual de 658 mm.

Para el estudio histológico se consideraron los crecimientos primario y secundario.

Crecimiento primario: Se colectaron 24 muestras de tallo de 1 cm de largo partir de 1,5 cm del ápice y se conservaron en F.A.A. (formol 30%, alcohol 70 %, ácido acético glacial 10%). Posteriormente se realizaron preparaciones semipermanentes de secciones transversales y se utilizó tinción pancromática y supravital con safranina. El montaje fue con agua y glicerina 1:1 y el sellado con esmalte transparente para uñas (Roth, 1964).

Crecimiento secundario: Se tomaron 24 muestras de tallo de 1 cm de largo a partir de 10 cm por debajo del ápice, donde el tipo de crecimiento secundario era bien evidente y se fijaron en F.A.A. (Roth, 1964). Los segmentos de tallo se sometieron a un ablandamiento previo en agua hirviendo por 30 minutos. Para el seccionamiento se utilizó la metodología de Jensen (1962) consistente en una deshidratación con una batería de alcohol butírico terciario (TBA) a concentraciones de 50 %, 75 %, 85 %, 95 %, 100 % + Safranina y TBA puro. En cada concentración los segmentos permanecieron por 2 horas, excepto en el de 100% + Safranina el cual fue de 24 horas. Posteriormente, se realizó una inclusión en Paraplast; el seccionamiento se realizó con micrótopo de rotación; el desparafinado con xilol y el montaje permanente en bálsamo de Canadá.

La caracterización histológica del tallo con crecimiento secundario se basó en la observación de secciones transversales y longitudinales, tangenciales y radiales de 15 láminas por muestra. La descripción incluyó la estructura histológica del tallo con crecimiento primario y secundario. Para el estudio del xilema secundario se obtuvieron valores promedios de los elementos de

los vasos: longitud, diámetro y densidad (número de vasos $\cdot \text{mm}^{-2}$). Se determinó además la densidad y el número de células del parénquima radial. Se calculó el índice de vulnerabilidad, y los caracteres observados se definieron como xeromórficos o mesomórficos tomando en consideración lo señalado por Esau (1976), Cutler (1978) y Lindorf (1994).

El cálculo del índice de vulnerabilidad (IV) se realizó utilizando la siguiente fórmula de Carlquist (1977b):

$$\text{IV} = \text{Diámetro de vasos} / \text{N}^{\circ} \text{ de vasos por } \text{mm}^2.$$

Para la observación individual de las fibras y de los elementos de los vasos se procedió al ablandamiento del tallo mediante la metodología utilizada por Ramírez (2001), en la cual se empleó hidróxido de sodio (NaOH) al 10% y calor durante 1 hora y se procedió a la separación de las células del xilema secundario por aplastamiento, con la ayuda de una aguja de disección. La tinción fue directa, total y pancromática con azul de algodón y el montaje semipermanente con glicerina 1:1 (Roth, 1964).

RESULTADOS

Crecimiento primario (Figura 1).

En la sección transversal, el tallo mostró una epidermis uniestratificada con células pequeñas y abundantes tricomas de tipo glandular, multicelular uniseriado y no glandular multicelular no ramificado uniseriado (Weker, 2000).

La corteza presentó de 6 a 10 capas de células parenquimáticas, las cuales limitan con una banda continua de esclerenquima de 2 a 4 capas de esclereidas. Seguidamente se observaron canales secretores, bordeando al floema primario, alrededor de los cuales se encuentran células parenquimáticas pequeñas. Entre el floema y los canales se encuentran células, cuyo contenido citoplasmático se tiñe fuertemente con la safranina, lo que hace suponer que en las mismas existe un contenido diferente, probablemente aceites esenciales. Los tejidos conductores se presentan en forma de haces colaterales abiertos, el floema primario está conformado por 4 a 5 estratos de células, las cuales presentan drusas en el parénquima floemático. El procambium presenta 4 capas de células delgadas. El

metaxilema desde 5 a 6 capas de células, en las cuales 1 a 2 filas de elementos de los vasos alternan con 1 a 3 filas de fibras. El protoxilema presenta de 3 a 5 capas de células. La médula con células parenquimáticas, algunas de las cuales contenían aceites esenciales y drusas (Esau, 1976).

Crecimiento secundario

Sección transversal

En la periferia de la sección se observó la peridermis conformada por el corcho o felema con 4 a 6 estratos de células muy suberificadas y dispuestas en filas tangenciales discontinuas, la felodermis con 2 a 4 estratos de células parenquimáticas y entre ambos el felógeno. La corteza con 16 a 18 capas de parénquima conteniendo drusas; inmediatamente después una banda de esclerenquima y canales secretores semejantes a los descritos para el crecimiento primario. El cambium presentó 4 estratos de células delgadas. El floema secundario con 9 a 10 estratos de células y con abundancia de drusas. El xilema secundario con poros múltiples dispuestos en filas radiales de 2 a 7 poros por fila, con parénquima paratraqueal escaso y que alternan con 2 a 5 hileras de fibras y 1 a 2 hileras de parénquima radial, este último con cristales romboidales. Los vasos presentaron un diámetro promedio de 22 μm , longitud promedio de 161 μm y gran abundancia de vasos, con un rango de 39,23 a 426,01 vasos $\cdot \text{mm}^{-2}$ (Cuadro 1). El valor del índice de vulnerabilidad calculado en la sección transversal fue de sólo 0,1.

Sección longitudinal

Las placas perforadas de los elementos del vaso presentaron una inclinación variable la cual va desde casi horizontal hasta muy inclinada y además puntiaguda. El parénquima radial presentó de 8 a 13 células de largo y en sección radial se logró observar de 6 a 12 células de ancho. La frecuencia promedio fue de 20 radios $\cdot \text{mm}^{-2}$. El parénquima medular presentó drusas (Figura 2).

Macerados de madera

Con la técnica del ablandamiento de tallos se pudo comprobar la presencia de elementos de vasos con placa de perforación simple y de fibras septadas y libriformes.

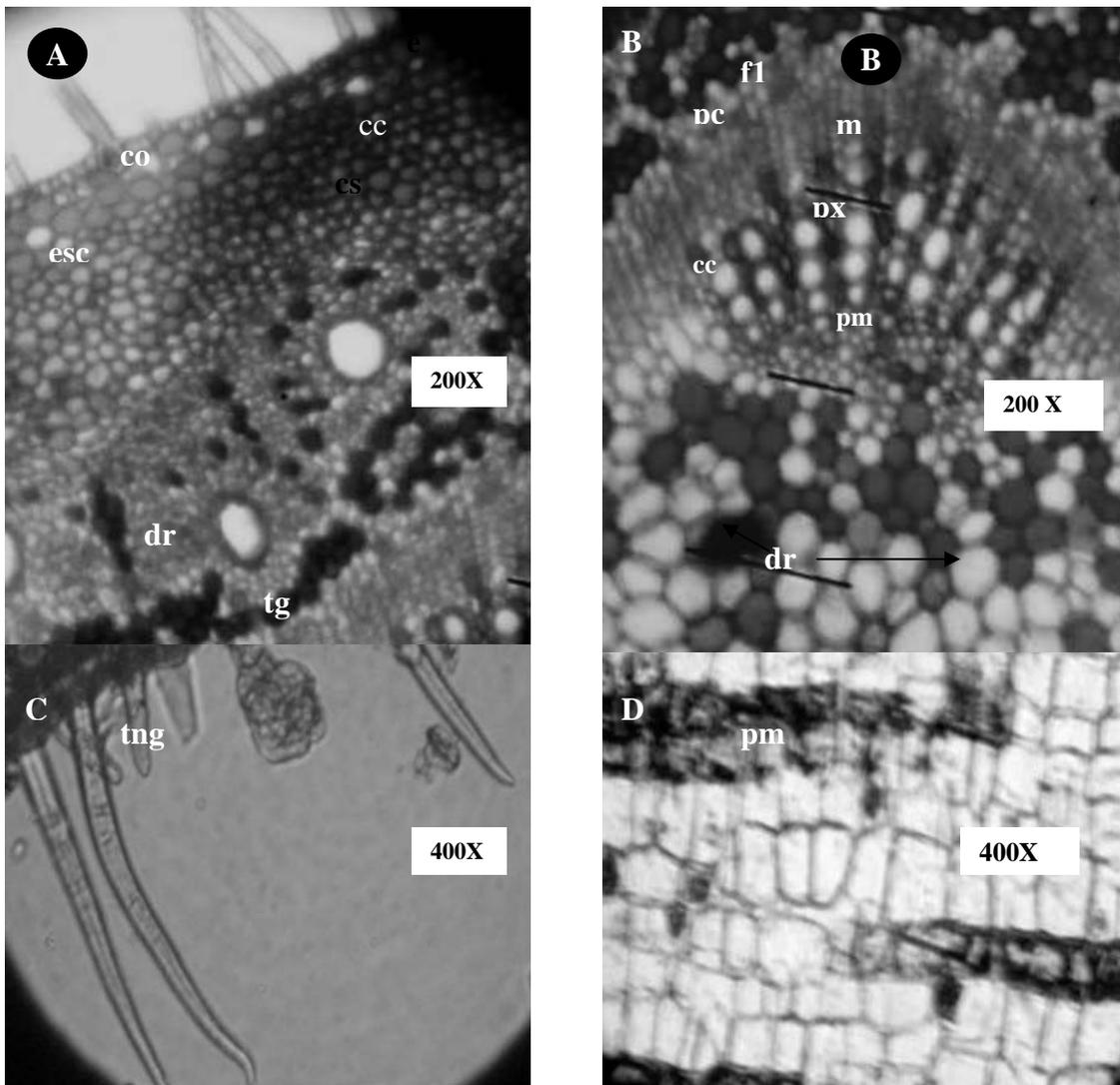


Figura 1. A, B y C Secciones transversales del tallo con crecimiento primario de *Bursera tomentosa* (Jacq.) Tr & Planch. En A, Epidermis (e), corteza (co); células con contenido (cc), esclerenquima (esc), canales secretores (cs). En B, Floema primario (f1), procambium (pc), metaxilema (x), protoxilema (px). En C, Tricomos glandulares (tg) y no glandulares (tng) y en D, parénquima medular (pm) y drusas (dr) en sección longitudinal.

La estructura anatómica del tallo de *Bursera tomentosa* mostró características que le confieren una gran capacidad de adaptación a condiciones de clima semiárido, como lo son la presencia de vasos cortos, angostos y muy abundantes en el xilema; numerosos cristales en forma de drusas y romboédricos, y un índice de vulnerabilidad muy bajo (Carlquist, 1977a; 1977b; Lindorf et al., 1999).

Cuadro 1. Evaluación cuantitativa de caracteres anatómicos del xilema en *Bursera tomentosa* (Jacq.) Tr. & Planch. (Burseraceae).

	Media	Mínimo	Máximo	SD
DV (μm)	22	7,5	47,5	4,09
LV (μm)	161	62,5	325	53,60
AV ($\text{v}\cdot\text{mm}^{-2}$)	227	39,23	426,01	76,74
AR ($\text{r}\cdot\text{mm}^{-2}$)	20	11,95	33,69	5,44
IV	0,1			

DV, diámetro de vasos; LV, longitud de vasos; AV, abundancia de vasos; AR, abundancia de radios; IV, índice de vulnerabilidad; SD, desviación estándar.

DISCUSIÓN

La estructura caulinar observada en *B. tomentosa* coincide con caracteres anatómicos señalados por Espinosa y León (1996), Lindorf et al. (1999) y León (2002), entre otros, para especies de Burseraceae; tal es el caso de los canales secretores corticales, la agrupación de los

poros, la distribución difusa de los mismos los tipos de fibras y las platinas de perforación simples. Tal cual lo establecido por León (2002), se dificulta el uso de las mismas para la identificación taxonómica de esta familia en vista de las similitudes.

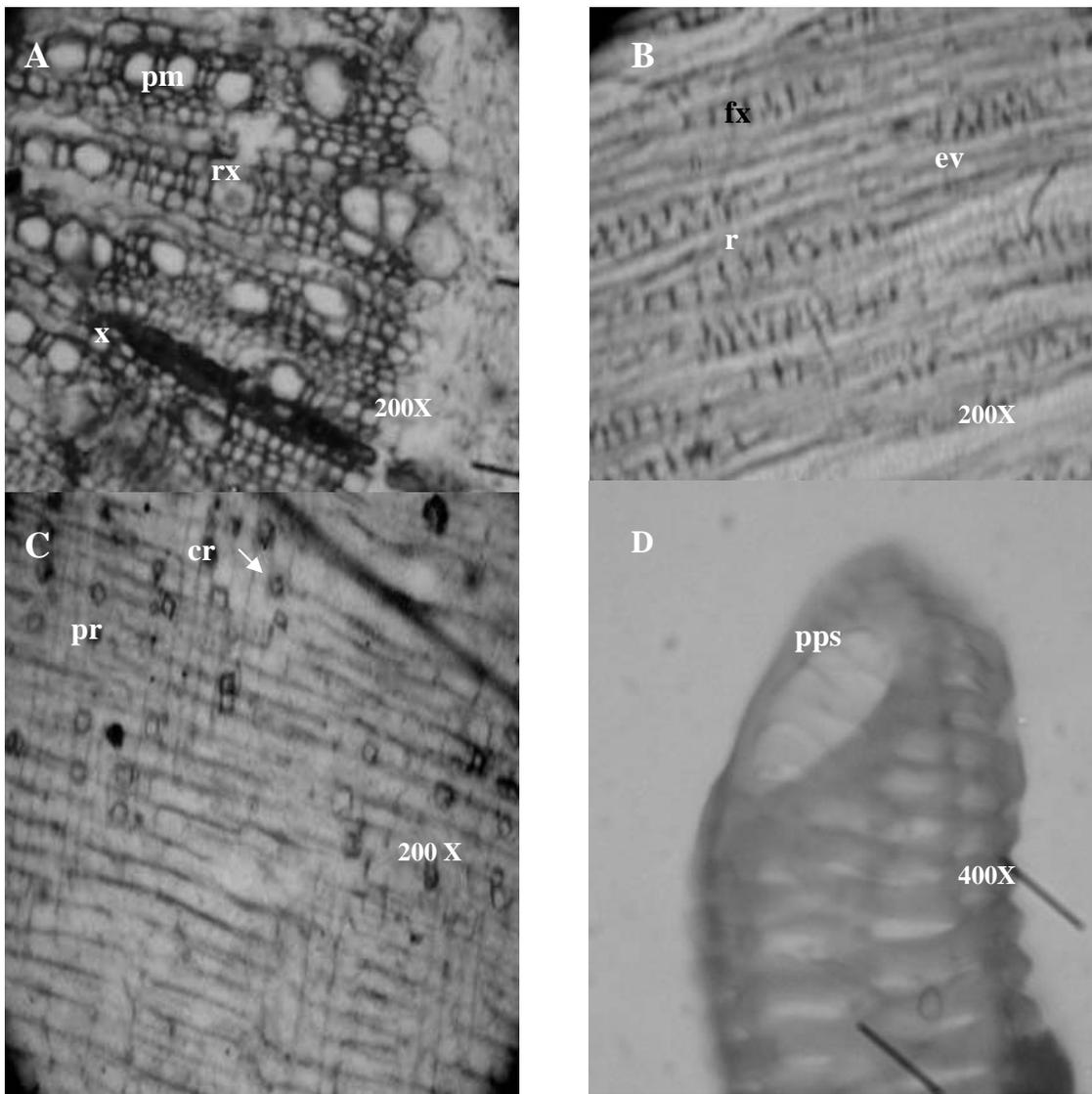


Figura 2. Secciones del tallo de *Bursera tomentosa* (Jacq.) Tr & Planch en crecimiento secundario. A) Sección transversal; xilema (x), poro múltiple (pm), radios xilares (rx). B) Sección tangencial; elemento del vaso (ev), fibras xilares (fx), radios (r). C) Sección radial; parénquima radial (pr), cristales roboidales (cr). D) Elemento del vaso; placa de perforación simple (pps) (400X).

El valor promedio del diámetro de los vasos en *B. tomentosa* fue de 22 μm ; valor que resultó ser inferior a los determinados por Gómez-Vázquez y

Engleman (1983) para tallos de *B. longipes* y *B. copallifera*, y por Espinosa y León (1996) y León (2002) para especies de *Protium*. El valor

promedio de la longitud de los vasos fue de 161 μm y de igual modo resultó menor a los determinados por estos autores para las especies estudiadas. Por el contrario, el promedio de la abundancia de vasos en esta investigación resultó ser de 227 vasos $\cdot\text{mm}^{-2}$, muy superior a los obtenidos por estos autores.

El promedio de los valores de abundancia de los radios en *B. tomentosa* fue de 20 radios $\cdot\text{mm}^{-2}$, lo que resultó muy cercano a los obtenidos por Gómez-Vázquez y Engleman (1983) en *B. longipes* y *B. copallifera* y muy superior a los determinados por Espinosa y León (1996) y León (2002) en *Protium*.

Las diferencias observadas al comparar la anatomía de *B. tomentosa* con la de *B. longipes* y *B. copallifera* constituyen una referencia sobre el grado de variación morfológica probable para estos elementos. Según Laskowski (2000) la utilización de caracteres cuantitativos del xilema, puede ser de poca validez para la identificación de una especie, ya que varían de acuerdo con el medio ambiente donde crecen las plantas y el estado de crecimiento de las mismas. A juicio de lo establecido por Cutler (1987), las adaptaciones al ambiente xérico que se observaron en la anatomía del tallo de *B. tomentosa*, podrían considerarse como un valor ecológico por cuanto a menudo son dominantes en los géneros de una misma familia.

La gran densidad de vasos y la estrechez de los mismos ofrecen una redundancia de éstos y gran seguridad en la conducción de agua a través del xilema y supervivencia ante grandes fluctuaciones en la disponibilidad de agua, evitando la formación de embolismos de aire que impidan dicho proceso, o en aquellos vasos donde se llegan a formar estos embolismos la conducción de agua sea muy poco afectada.

Los bajos valores del índice de vulnerabilidad indican que existe una correlación entre la anatomía del xilema y el hábitat; es decir, que la madera de la especie es xeromorfa, presentando una gran adaptación a condiciones xerofíticas (Carlquist, 1982; Lindorf, 1994; Laskowski, 2000).

La abundancia de tricomas en el crecimiento primario puede representar un mecanismo de adaptación a las condiciones ambientales secas, de acuerdo con lo señalado por Izco y Barreno (2000). Existe una relación entre la densidad de

tricomas y el clima semiárido, ya que es frecuente una mayor densidad de tricomas correlativa bajo estas condiciones.

La presencia en las células de cristales de sílice (drusas y romboédricos), representa un inconveniente para el aserrado de esta madera, por cuanto estas estructuras ocasionan el desgaste excesivo de los filos cortantes. La presencia de drusas, no aparece señalada en la literatura para la familia Burseraceae.

Los depósitos de oxalato de calcio pueden tener múltiples funciones tales como elemento osmótico, refuerzo estructural de las paredes celulares, reservorio interno de calcio y regulación del pH, así como un supuesto rol de defensa contra herbívoros (Webb, 1999). Este mismo autor considera que la acumulación de cristales, tipo drusas y romboédricos en el caso de *B. tomentosa*, constituyen un carácter de valor taxonómico y cumplen una función como refuerzo estructural de las paredes celulares y elemento osmótico. Por otro lado, Espinoza et al. (1998) señalan que la presencia de estas estructuras en la madera puede estar relacionado con las características del sitio donde se encuentra la planta, específicamente con las condiciones edáficas.

CONCLUSIONES

El tallo *Bursera tomentosa* mostró una estructura anatómica muy similar a la descrita por otros autores para especies de éste mismo género, lo cual dificulta su identificación en base a las características de este órgano y podría considerarse como un valor ecológico, por cuanto están presentes en diferentes géneros de Burseraceae.

La anatomía del tallo mostró características de adaptación al ambiente xérico y mecanismo de adaptación a condiciones de déficit hídrico.

LITERATURA CITADA

1. Carlquist, S. 1977a. Wood anatomy of the Tremandraceae: Phylogenetic and Ecological Implications. Amer. J. Bot. 64 (6): 704 –713.
2. Carlquist, S. 1977b. Ecological factors in wood evolution. A floristic approach. Amer. J. Bot. 64 (7): 887- 896.
3. Carlquist, S. 1982. Wood anatomy of Illicium

- (Illiciaceae): Phylogenetic, ecological
4. Cutler, D. 1987. Anatomía vegetal aplicada. Librería Agropecuaria. Buenos Aires.
5. Esau, K. 1976. Anatomía vegetal. Editorial Omega, Barcelona.
6. Espinosa, N. y W. León. 1996. Estudio xilológico de *Protium crenatum* Sandw (Burseraceae). Pittiera 25: 35-42.
7. Espinoza, N., O. Araque y W. León. 1998. Cristales en la madera de *Schizolobium amazonicum* y *S. parahybum* (Caesalpinoideae, Leguminosae). Revista Forestal Venezolana 42 (1): 9-13.
8. Gómez-Vásquez, B. y E. Engleman. 1983. Wood anatomy of *Bursera longipes* and *Bursera copallifera*. IAWA Bulletin 4(4): 207-211.
9. Hoyos, J. 1994. Guía de árboles de Venezuela. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas.
10. Izco, J. y E. Barreno. 2000. Caracteres taxonómicos: Morfología y anatomía de órganos vegetativos. Editorial Edigrafos. Madrid.
11. Jensen, W. 1962. Botanical Histochemistry. W.H. Freeman. San Francisco
12. Laskowski, L. 2000. Características anatómicas de la hoja y el tallo del Semeruco (*Malpighia emarginata* DC) cultivado en dos localidades del Estado Lara. Bioagro 12 (2): 33-40.
13. León, W. 2002. Estudio anatómico de la madera e incidencias tecnológicas en siete especies del género *Protium* (Burseraceae). Rev. Forestal Venezolana 46(1): 73-82.
14. Lindorf, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. IAWA Journal 15 (4): 361- 376.
15. Lindorf, H. 1998. Correlaciones ecoanatómicas entre la madera y la hoja. L Memoria del Instituto de Biología Experimental vol. 1: 209-212.
16. Lindorf, H., L. de Parisca y P. Rodríguez. 1999. Botánica. Clasificación. Estructura. Reproducción. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca. Caracas.
17. Ramírez, E. 2001. Estudio de la muerte regresiva de la Vid (*Vitis vinifera* L.) en las zonas vitícolas de Venezuela. Trabajo de grado. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto.
18. Roth, I. 1964. Microtécnica vegetal. Ediciones de la Biblioteca. Imprenta Universitaria, Universidad Central de Venezuela. Caracas.
19. Roth, I. 1976. Anatomía de las plantas superiores. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca. Caracas.
20. Smith, R., J. Casariego, M. E. Sanabria y F. Yunez. 1996. Clave para los árboles de los llanos de Venezuela basada en características vegetativas. Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Caracas.
21. Webb, M. 1999. Cell mediated crystallization of calcium oxalate in plants. The Plant Cell 11 (4): 751- 761.
22. Werker, E. 2000. Trichome diversity and development. Advances in Botanical Research. Academic Press. New York.