

**ANATOMÍA FOLIAR DE *Guadua angustifolia*
KUNTH, *G. amplexifolia* PRESL. Y *Elytrostachys typica*
MCCLURE (POACEAE, BAMBUSOIDEAE)**

Liliana Márquez, Marina García y Douglas Marín

Instituto de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de
Venezuela. Maracay, estado Aragua. lilianaemiliam@gmail.com

COMPENDIO

Se estudió la anatomía foliar de *Guadua angustifolia*, *Guadua amplexifolia* y *Elytrostachys typica* (Poaceae, Bambusoideae), a fin de determinar el posible valor diagnóstico de los caracteres histológicos en la hoja. El material foliar se muestreó a partir de plantas que crecieron en condiciones de umbráculo; se seleccionaron muestras de hojas ubicadas en la parte central de los culmos, las cuales fueron fijadas en FAA y procesadas siguiendo técnicas clásicas usadas en microscopía óptica. La estructura anatómica de las tres especies estudiadas fue similar en cuanto a: presencia de epidermis uniestratificada, con micropelos y aguijones en ambas caras, hoja anfiestomática, estomas paracíticos, mesofilo isofacial no radiado, células fusoides y células armadas. Las dos especies del género *Guadua* se diferenciaron principalmente en variables anatómicas cuantitativas, tales como: distancia intervenal, densidad y longitud de estomas e índice estomático en ambas epidermis. En el caso de *E. typica* se diferenció de las especies de *Guadua* especialmente en los siguientes caracteres: presencia de papilas en las epidermis, menor espesor de los tejidos foliares y de la hoja, mesofilo con células fusoides más desarrolladas, mayor distancia intervenal, costilla central poco definida con un único haz vascular y una secuencia de cinco haces vasculares pequeños y uno grande en la semilámina. En las especies de *Guadua* dicha secuencia fue un haz grande, seis haces vasculares pequeños y otro haz vascular grande. Estos resultados mostraron que los estudios de anatomía foliar para estas especies son de mayor valor taxonómico a nivel genérico.

PALABRAS CLAVE

Anatomía foliar, *Guadua*, *Elytrostachys*, Poaceae, Bambusoideae.

Recibido: 28/10/10

Aceptado: 08/10/11

**LEAF ANATOMY OF *Guadua angustifolia* Kunth, *G. amplexifolia*
Presl. AND *Elytrostachys typica* McClure (POACEAE,
BAMBUSOIDEAE)**

ABSTRACT

The leaf anatomy of *Guadua angustifolia*, *Guadua amplexifolia* and *Elytrostachys typica* (Poaceae, Bambusoideae) was studied in order to know the possible existence of anatomical characters in the leaf of diagnostic value. The foliar material was sampled in plants growing in a shade-house; samples located in the central part of the culms were selected and fixed in FAA (70%), and then processed according to classical techniques used in optical microscopy. The histological characterization of the three species studied was similar in the following anatomical characters: presence of a simple epidermis with microhairs and spines on both leaf faces, amphistomatic leaves, paracitic stomata, non-radiated isofacial mesophyll with fusoid and arm cells. The two *Guadua* species were differentiated mainly in these quantitative anatomical variables: intervenal distance, stomata density, stomata length and stomata index in both epidermis. In *E. typica*, the anatomy was different from that of *Guadua* species especially by the following characters: presence of papillae in the epidermis, thinner leaf tissues, higher intervenal distance, midrib less defined with only one vascular strand; the vascular bundles pattern of the transverse section also was different between *Elytrostachys* and the *Guadua* species. These results indicate that the leaf anatomy has more taxonomic value at the generic level.

KEY WORDS

Leaf anatomy, *Guadua*, *Elytrostachys*, Poaceae, Bambusoideae.

INTRODUCCIÓN

Los bambúes pertenecen a la familia Poaceae (Gramineae). Son plantas macollantes (simpódicas o monopódicas) con culmos duros generalmente huecos, en los cuales la forma general de la planta depende del tipo de crecimiento del rizoma (León 1987). En América, el género *Guadua* tiene una amplia distribución, mientras que *Elytrostachys* presenta una muy restringida normalmente en zonas bajas cercanas a cursos de agua (Judziewicz *et al.* 1999).

Para esta familia, la caracterización anatómica ha jugado un papel importante en su clasificación taxonómica, la cual se ha basado gran parte en estudios histológicos de la lámina foliar, específicamente de la epidermis y de las secciones transversales de ésta (Londoño 2002).

Actualmente, los trabajos taxonómicos sobre las Poaceae incluyen información sobre la anatomía foliar, expresada de tal manera que pueda ser incorporada en bases de datos, bien sea a través de fotomicrografías o mediante la descripción de los caracteres histológicos de la hoja (Londoño 2002). Además de los estudios a nivel de hoja, los caracteres histológicos epidérmicos de lígulas, brácteas y espiguillas y la anatomía del culmo, también han resultado útiles para la identificación de especies (Judziewicz *et al.* 1999, Londoño 2002), sobre todo en los géneros de Bambusoideae que ya han sido estudiados usando los caracteres macroscópicos (Metcalf 1960, Londoño 2002, Montiel *et al.* 2006a, 2006b y 2006c).

El objetivo de esta investigación fue describir la anatomía foliar de *Guadua angustifolia*, *G. amplexifolia* y *Elytrostachys typica* (Poaceae, Bambusoideae), con el fin de identificar caracteres de posible valor taxonómico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización anatómica foliar de *Guadua angustifolia*, *G. amplexifolia* y *Elytrostachys typica* se hizo sobre plantas que crecieron en condiciones de umbráculo. Se seleccionaron cuatro individuos por especie, en los cuales se muestrearon tres hojas bien desarrolladas ubicadas en la parte media de los culmos (Londoño 2002). Luego sobre éstas, se cortaron porciones de aproximadamente 1,5 cm² correspondientes al tercio medio de la lámina. Este material fue fijado en FAA (formaldehído, ácido acético, etanol 70%), para luego ser procesado en el Laboratorio de Morfoanatomía Vegetal del Instituto de Botánica Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

Una parte del material preservado se usó para realizar secciones transversales a mano alzada de la lámina, incluyendo la nervadura central; la otra parte, fue utilizada para obtener macerados foliares, para lo cual se utilizó hipoclorito de sodio comercial (5%) diluido en agua. Todas las preparaciones microscópicas fueron teñidas con azul de toluidina acuosa al 0,5% y se montaron en una solución de agua-glicerina (v:v), para finalmente obtener láminas semipermanentes que se observaron bajo el microscopio óptico. Para la preparación de los

macerados se siguió el procedimiento del raspado «Técnica de Metcalfe» (D'Ambrogio 1986). Con la ayuda de un microscopio calibrado se midieron las siguientes variables anatómicas y se expresaron como la media de 30 repeticiones: grosor de la lámina foliar, cutícula más pared externa de las células epidérmicas, el ancho de éstas y del mesofilo, distancia intervenal y longitud de estomas, además se calcularon la densidad e índice estomático. Este último fue calculado mediante la siguiente relación (Wilkinson 1979):

$$\left[\frac{S}{S + E} \right] \times 100$$

donde:

S = número de estomas/área

E = número de células epidérmicas/área

Finalmente, se tomaron imágenes digitales de todas las preparaciones microscópicas con una cámara digital modelo PL-A662 incorporada a un microscopio óptico Nikon Eclipse E200, usando el Programa EVOLUTION LC Color.

El análisis estadístico se realizó usando el Programa Estadístico SAS (Statistical Analysis System) con mínima diferencia significativa al 5% aplicada a los valores promedio de las variables anatómicas cuantitativas evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Guadua angustifolia Kunth y *Guadua amplexifolia* Presl.

La caracterización anatómica para estas dos especies resultó muy similar, presentando en vista frontal de las epidermis adaxiales, células típicas cortas y largas de paredes gruesas y ondulaciones de forma irregular (Figs. 1A y 1C). Se distinguieron además, una zona costal formada por las nervaduras con presencia de células silicificadas elongadas verticalmente y de forma halteriforme (forma de silla de montar) (Figs. 2A y 2B) y una zona intercostal con células buliformes, estomas de tipo paracítico ordenados en una o dos series ubicados siempre adyacentes a las nervaduras, más abundantes en *G. angustifolia* (Figs. 1A y 1C) dejando cinco o seis series de células epidérmicas libres de estomas. En la epidermis abaxial se observaron igualmente células largas y cortas, de paredes onduladas con una zona costal más evidente que en la adaxial, y una zona intercostal con numerosos estomas ubicados cerca de las nervaduras,

en dos o tres series en *G. angustifolia* (Fig. 1B) y en cuatro a cinco series en *G. amplexifolia* (Fig. 1D), lo cual deja una zona de células epidérmicas (5-6 series) sin estomas. La hoja de las dos especies es anfiestomática, con mayor densidad de estomas en la epidermis abaxial (Tabla I).

En ambas especies se observaron micropelos bicelulares y aguijones. Los primeros, denominados pelos clavados, con la célula basal rectangular menos inflada que la distal y ésta última con una pared más delgada que la basal, lo que hace que se desprenda fácilmente con la manipulación. Mientras que los segundos mostraron una morfología similar en las dos especies, caracterizados por tener paredes gruesas, porción basal redondeada y ápice agudo (Figs. 3A, 3B, 3C y 3D); ambos apéndices epidérmicos fueron más abundantes en *G. angustifolia* y en las dos especies éstos se observaron con mayor frecuencia en la cara abaxial.

La sección transversal de la lámina foliar también fue muy similar en las dos especies de *Guadua*, observándose las epidermis uniestratificadas en ambas caras, con células globosas y/o cuadrangulares de variados tamaños y cutícula más pared externa gruesa (Figs. 4A, 4B, 4C, 4D y Tabla I). En la epidermis adaxial se evidenciaron de dos a cuatro células buliformes, notándose una elevación en la región ocupada por estas células (Figs. 4A y 4C). Las hojas son de tipo isofacial con mesofilo de arreglo no radiado, presencia de células fusoides o traslúcidas, grandes, ovoides, adyacentes a los haces vasculares y células armadas, con invaginaciones en la pared, generalmente rodeando las células fusoides hacia la cara abaxial (Figs. 4A, 4B, 4C y 4D).

Los haces vasculares de la semilámina se observaron rodeados por una vaina parenquimática e internamente a ésta, una vaina mestoma (Fig. 4A), ocasionalmente con extensiones esclerenquimáticas hacia ambas epidermis (haces transcurrentes) (Figs. 4A, 4B y 4D). Asimismo, se evidenció un patrón de organización del sistema vascular de un haz grande, seis pequeños y luego otro grande.

La costilla central en ambas especies de *Guadua* estuvo constituida por una epidermis uniestratificada, el tejido vascular se encontró conformado por cuatro haces vasculares, uno de mayor tamaño hacia la cara abaxial y dos pequeños a cada lado, los tres presentan casquetes de fibras bien desarrollados hacia la región floemática y a su vez se observaron inmersos en una banda subepidérmica de esclerénquima, constituida por 6-8 estratos de células. El haz restante, se ubicó hacia el lado adaxial de la nervadura, con un pequeño casquete de fibras

hacia el floema; sobre este haz se nota una región esclerenquimática de forma más o menos triangular, constituida por seis a ocho capas de células. El resto de la nervadura estuvo constituido por parénquima de células isodiamétricas (Figs. 5A y 5B).

En relación a las variables cuantitativas determinadas, las dos especies de *Guadua* mostraron valores estadísticamente similares en cuanto a espesor de cutícula más pared y grosor de ambas epidermis, del mesofilo y de la hoja. Las variables restantes resultaron significativamente distintas entre las dos especies; *G. amplexifolia* mostró mayores valores en comparación con *G. angustifolia*, para distancia intervenal, densidad de estomas en la epidermis abaxial y longitud de estomas e índice estomático en ambas superficies, mientras que para la densidad estomática en la epidermis adaxial se observó lo contrario (Tabla I).

Elytrostachys typica Mc Clure (puru puru):

El estudio de ambas epidermis de esta especie en vista paradérmica, permitió distinguir que la adaxial constaba de células largas con ondulaciones uniformes (Fig. 1E), distinguiéndose una zona costal formada por las nervaduras con células silicificadas poco frecuentes, orientadas verticalmente y más o menos cuadrangulares (Fig. 2C), y una intercostal con células buliformes, estomas paracíticos muy escasos, ubicados adyacentes a las nervaduras. La epidermis abaxial formada igualmente por células largas, de paredes clara y uniformemente onduladas, con una zona costal constituida por las nervaduras, más evidente en esta epidermis y una intercostal con numerosos estomas, adyacentes a las nervaduras en tres a cuatro series (Fig. 1F). Este arreglo estomático cercano a las nervaduras, al igual que en las dos especies de *Guadua*, deja una zona de células epidérmicas (cinco a seis series de células) sin estomas. La hoja es anfiestomática, con mayor densidad estomática en la epidermis abaxial (Tabla I; Fig. 1F). En ambas epidermis se observaron micropelos bicelulares con las dos células marcadamente alargadas y de tamaño similar, siendo éstas de paredes delgadas, en particular la apical, la cual a menudo estuvo ausente o se encontraba deformada. También se evidenciaron aguijones de base más grande, paredes más delgadas y ápice más corto que los observados en las especies de *Guadua* (Figs. 1E, 3E y 3F). Es de hacer notar que los micropelos fueron comunes en ambas epidermis, mientras que los aguijones resultaron más abundantes en la cara adaxial, frecuentemente asociados a las células buliformes. A diferencia de las especies de *Guadua*, en *E. typica* se observaron papilas en ambas epidermis (Figs. 1E y 1F).

Al estudiar la lámina en sección transversal, se observó epidermis uniestratificada en ambas caras, con células globosas y/o elípticas de variados tamaños, pero más pequeñas y de cutícula más pared externa de menor grosor que las especies de *Guadua* (Figs. 4E y 4F, Tabla I). En la adaxial se observaron células buliformes, generalmente en grupos de cuatro, observándose la epidermis ligeramente hundida en esta zona. Asimismo, fueron evidentes escasas fibras ubicadas a ambos lados de las células buliformes, pero debajo de las células epidérmicas típicas (Figs. 4E y 4F). La hoja es de tipo isofacial. El mesofilo presentó un arreglo no radiado con células fusoides o traslúcidas de gran tamaño, ubicadas adyacentes a los haces vasculares similar a lo observado en *Guadua* y células armadas poco visibles generalmente rodeando las células fusoides y hacia la cara abaxial (Figs. 4E y 4F).

Los haces vasculares de la semilámina se observaron rodeados por una vaina vascular parenquimática, en ocasiones con pequeñas extensiones de esclerénquima hacia una o ambas epidermis (Fig. 4F), y eventualmente una vaina mestoma, poco definida. El patrón de organización del sistema vascular de la semilámina, es de un haz grande, cinco pequeños y luego uno grande. La costilla central difirió de la observada en las dos especies de *Guadua*, ya que en la misma hubo escaso desarrollo de esclerénquima subepidérmico y además, el tejido vascular se evidenció representado por un solo haz vascular grande, que ocupó la mayor proporción en esta región, con una vaina vascular conformada por células parenquimáticas e internamente a ésta, una vaina mestoma. Por debajo de la epidermis adaxial, se observaron entre una a dos capas de parénquima clorofiliano, con fibras escasas inmersas en el mismo (Fig. 5C).

En relación a las variables anatómicas cuantitativas determinadas, en la mayoría de éstas, *E. typica* mostró valores significativamente menores en comparación con las dos especies de *Guadua*, exceptuando densidad e índice estomático en la epidermis abaxial, en cuyo caso la primera especie mostró valores intermedios. En cuanto a distancia intervenal, *E. typica* resultó ser la especie con el mayor valor promedio para esta variable (Tabla I).

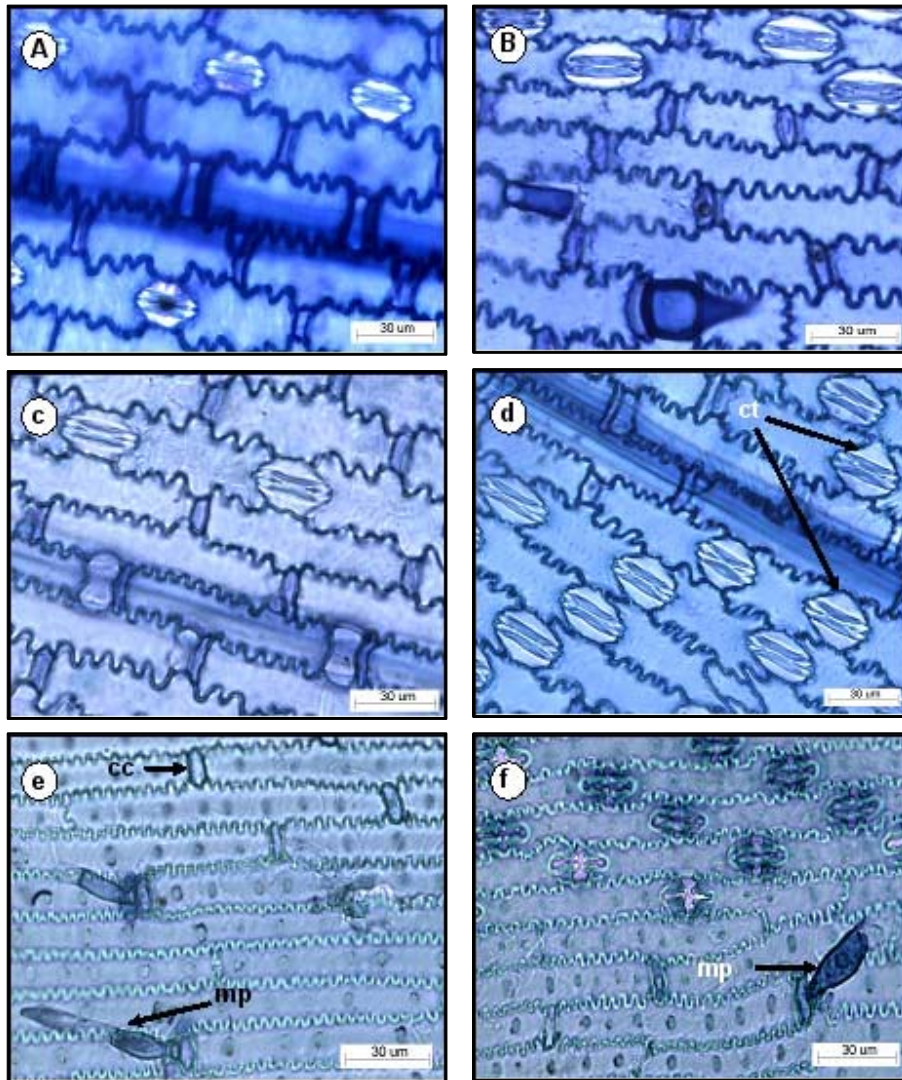


Fig. 1. Epidermis en vista frontal en tres especies de bambú. A y B. *Guadua angustifolia*. C y D. *G. amplexifolia*. E y F. *Elytostachys typica* (cs). A, C y E. epidermis adaxial. B, D y F. epidermis abaxial. (cc) células cortas. (ct) células triangulares. (mp) micropelo.

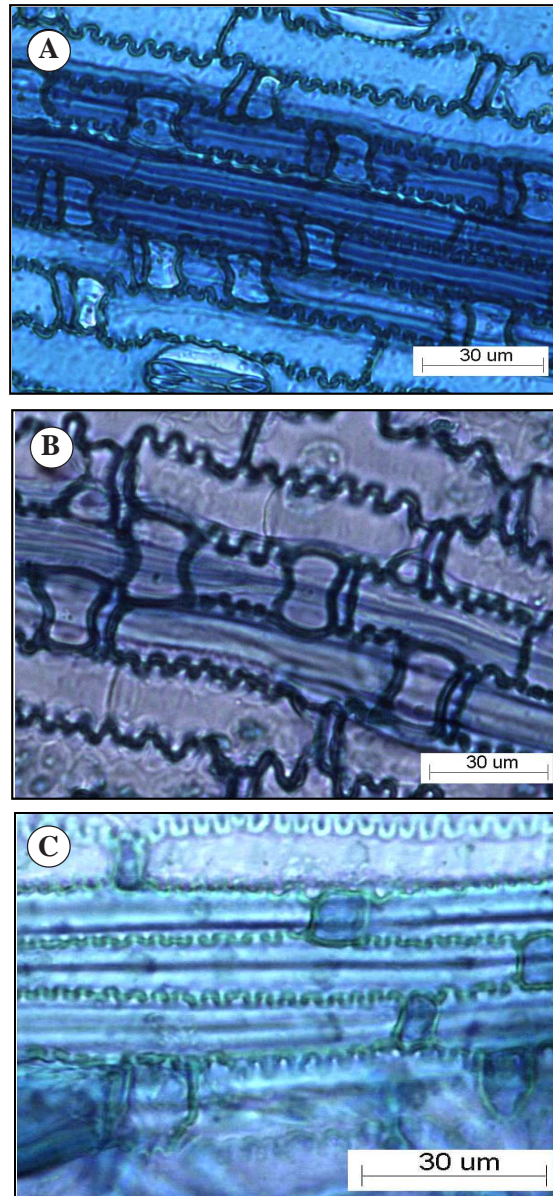


Fig. 2. Detalles de epidermis adaxial con células silíceas en tres especies de bambú. A. *Guadua angustifolia*. B. *G. amplexifolia* y C. *Elytostachys typica*. (cs) células silíceas.

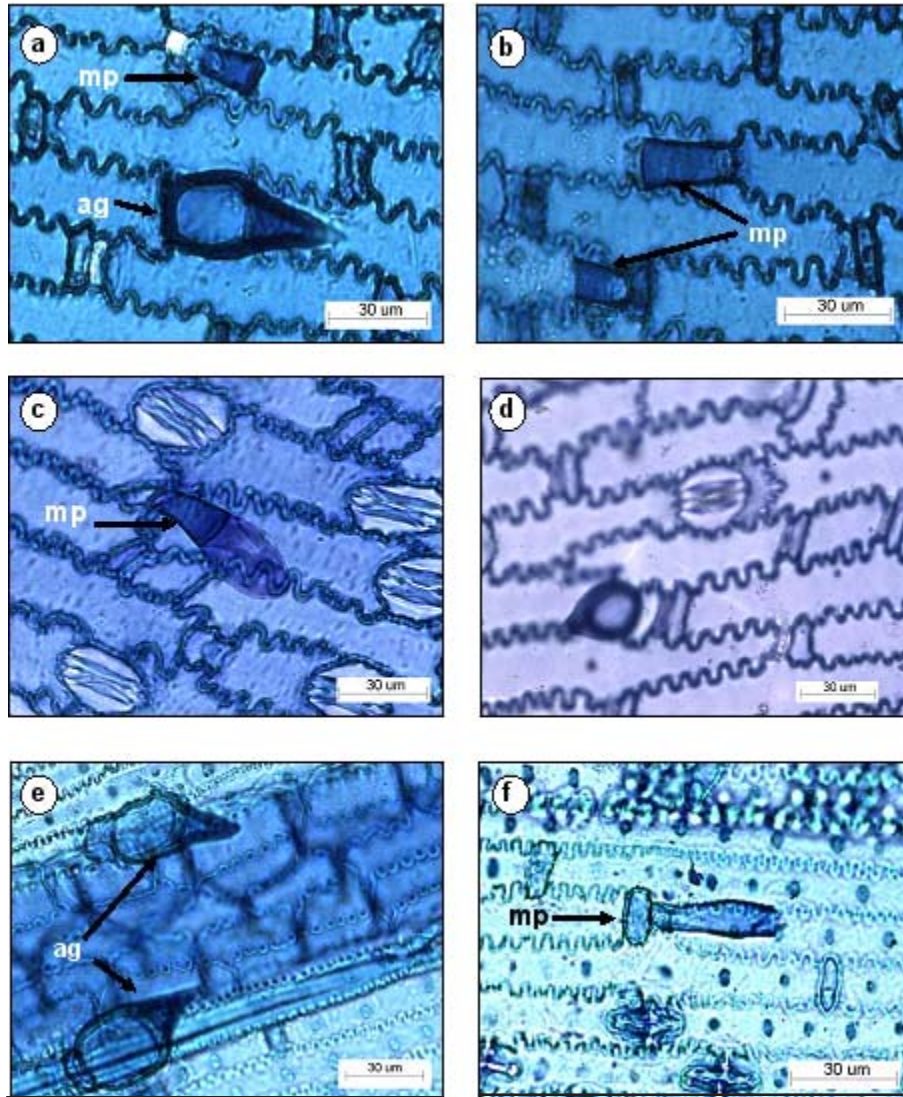


Fig. 3. Detalles de tricomas en tres especies de bambú. A y B. *Guadua angustifolia*. C y D. *G. amplexifolia* y E y F. *Elytrostachys typica*. (mp) micropelo; (ag) aguijón

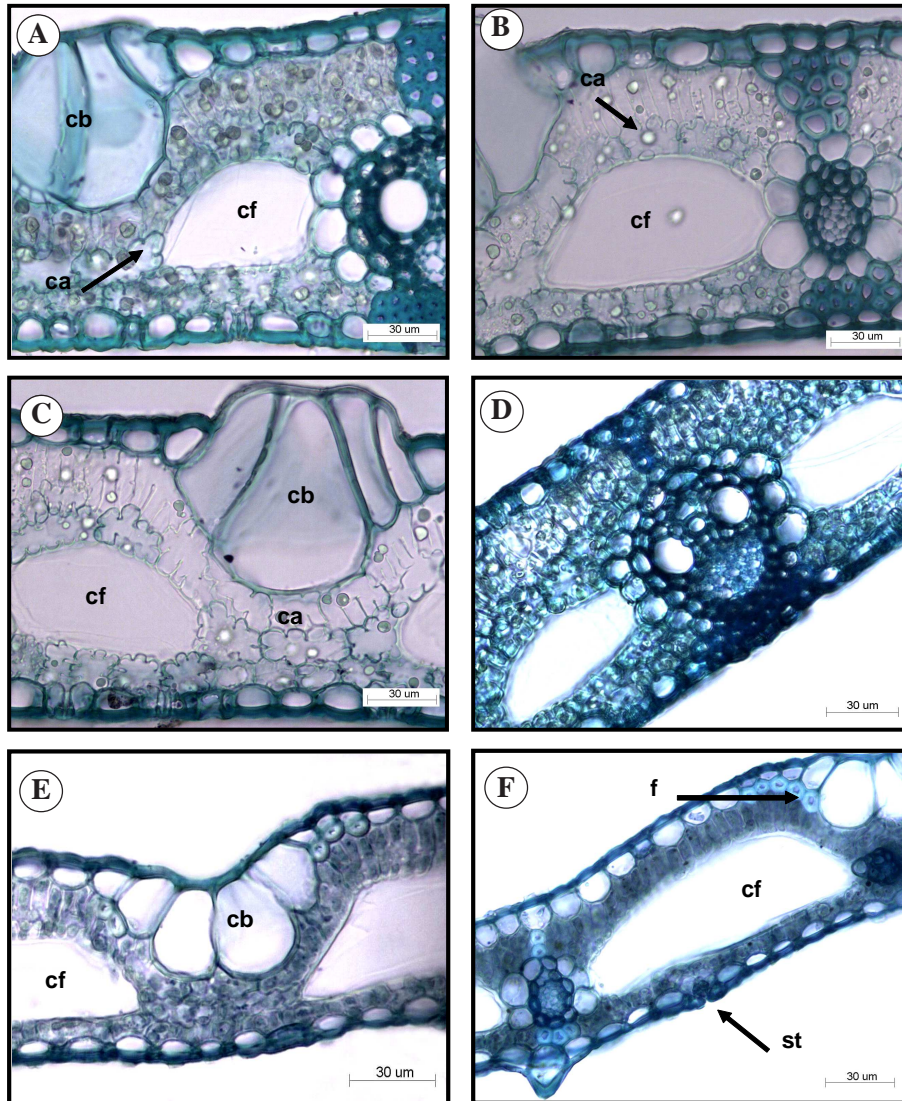


Fig. 4. Vista de secciones transversales en tres especies de bambú. A y B. *Guadua angustifolia*. C y D. *G. amplexifolia*. E y F. *Elytrostachys typica*. (ca) células armadas; (cb) células buliformes; (cf) células fusoides; (st) estomas; (f) fibras.

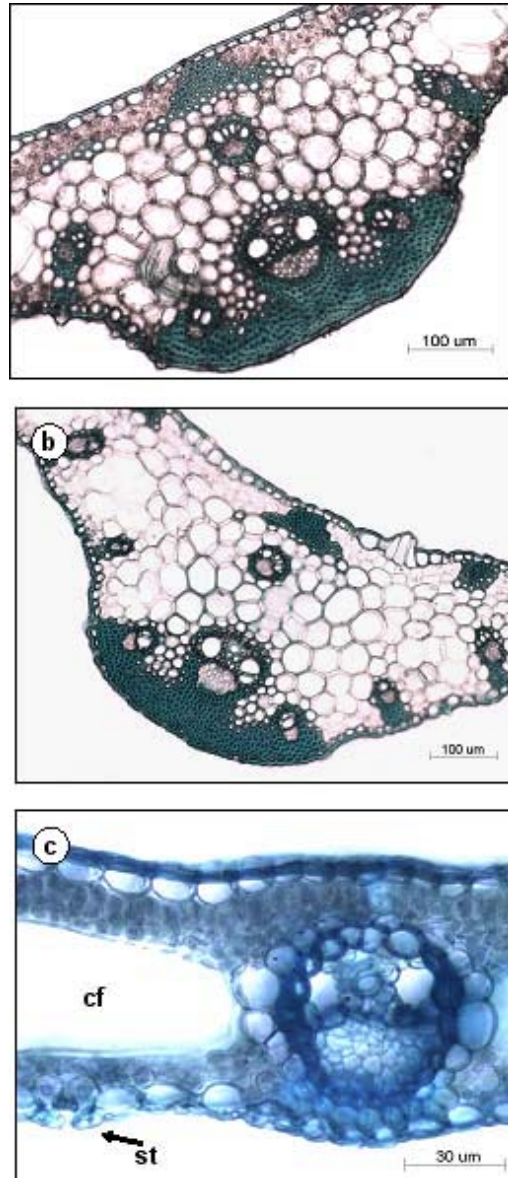


Fig. 5. Vista de costilla central en tres especies de bambú. A. *Guadua angustifolia*. B. *G. amplexifolia*. y C. *Elytrostachys typica*. (cf) células fusoides, (st) estoma.

Tabla I. Valores promedio de variables anatómicas cuantitativas de la lámina foliar de *Guadua angustifolia*, *G. amplexifolia* y *Elytrostachys typica*.

Especie	Espesor (µm)											
	Cutícula + Pared		Células epidérmicas		Mesófilo	Hoja	Distancia intervenal	Densidad estomas (N°/mm ²)	Longitud estomas (µm)	Índice estomático		
	Adax.	Abax.	Adax.	Abax.	Adax.	Abax.	µm	(N°/mm ²)	Adax.	Abax.	Adax.	Abax.
<i>Guadua angustifolia</i>	4,9 a	5,0 a	10,9 a	9,4 a	98,9 a	129,3 a	200,1 c	177,2 a	24,2 b	27,2 b	14,4 b	29,3 c
<i>Guadua amplexifolia</i>	4,9 a	4,6 a	11,4 a	9,1 a	97,2 a	127,2 a	225,6 b	141,8 b	27,3 a	28,5 a	17,8 a	38,2 a
<i>Elytrostachys typica</i>	4,1 b	3,2 b	7,8 b	6,1 b	50,8 b	72 b	287,4 a	22 c	19,7 c	21,3 c	3 c	31,5 b

Letras diferentes sobre las columnas muestran diferencias significativas (5%) entre las especies.

DISCUSIÓN

La caracterización anatómica foliar demostró ciertas similitudes entre las especies *Guadua angustifolia*, *G. amplexifolia* y *Elytostachys typica*, en relación a: epidermis uniestratificada en ambas caras, micropelos y aguijones en ambas epidermis, mesofilo no radiado, hoja isofacial y anfiestomática, estomas paracíticos, presencia en el mesofilo de células fusoides y armadas. El arreglo de los estomas en bandas bien definidas en la zona intercostal, fue señalado por Ellis (1979) para las Poaceae.

Entre las dos especies del género *Guadua*, las diferencias más resaltantes en la histología foliar fueron la forma halteriforme y el mayor tamaño de las células silíceas, de los estomas y un índice estomático más alto en *G. amplexifolia*, lo que coincide con lo reportado por Londoño y Kobayashi (1991). Sin embargo, en *E. typica* la anatomía foliar difirió considerablemente de las especies de *Guadua* por la presencia de papilas en las epidermis, menor grosor de cutícula más pared en ambas epidermis, así como del mesofilo y de la hoja, mayor distancia intervenal y células fusoides más grandes, células silíceas de forma cuadrangular; ausencia de una costilla central bien definida, y patrón diferente de arreglo de los haces vasculares de la semilámina. En cuanto a las variables grosor de la epidermis más cutícula, del mesofilo y de la hoja en las tres especies, éstas resultaron ser menores que las reportadas por García *et al.* (2008) para *Sporobolus virginicus*; y por García y Jáuregui (2008) para dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Sin embargo, esta misma variable en ambas epidermis resultó ser mayor en las especies evaluadas en comparación a lo reportado por Diamont *et al.* (2005) para *Oryza rufipogon* Griff. y *O. sativa* L. cv. FONAIAP 1. Asimismo, en las tres especies estudiadas el tamaño de los estomas resultó ser menor a los reportados para genotipos de caña de azúcar (García y Jáuregui 2008); pero similares a los de *O. rufipogon* (Diamont *et al.* 2005).

Aún cuando no fue medido, en la cara abaxial se observó una mayor frecuencia de tricomas y aguijones en las especies de *Guadua*, coincidiendo con lo reportado por Montiel *et al.* (2006a, 2006b); contrario a lo que ocurrió con *E. typica* donde estas estructuras fueron más frecuentes en la adaxial. Las ondulaciones de las células epidérmicas son un carácter frecuente reportado en la literatura para especies como *G. amplexifolia*, *G. angustifolia* var. *bicolor* y *G. macclurei* (Montiel *et al.* 2006a, 2006b, 2006c).

De las características descritas para las especies incluidas en este estudio, debe resaltarse la presencia de un mesofilo con células organizadas de manera no radial; a diferencia de lo señalado para muchas gramíneas (Metcalf 1960, Londoño 2002). Las células armadas observadas en el tejido fotosintético ya se han descrito en otros integrantes de las Bambusoideae (Metcalf 1960, Calderón y Soderstrom 1973, Soderstrom y Ellis 1988) definiéndose como células del parénquima clorofiliano que presentan invaginaciones, lóbulos o proyecciones en sus paredes. Por otro lado, Metcalf (1960) y Vieira *et al.* (2002) señalaron que las células fusoides presentes en el mesofilo de las Bambusoideae se caracterizan por ser incoloras y de paredes delgadas, de forma y tamaño variado y frecuentemente confundidas con espacios intercelulares, pueden ser de valor taxonómico. La función de éstas aún no está clara; se supone que están relacionadas con el almacenamiento y transporte de agua en el mesofilo, si se toma en cuenta su ubicación junto a los haces vasculares y con el aumento de la penetración de luz en el interior de esta zona de la lámina foliar (Vieira *et al.* 2002), lo que Clark (2009 com. pers.) apoya señalando que en el género *Chusquea* se observan de mayor tamaño en las especies que crecen en lugares sombreados.

La mayoría de las Bambusoideae presentan un sistema vascular complejo en la costilla central y haces de la semilámina con extensiones esclerenquimáticas hacia ambas epidermis (Metcalf 1960, Londoño 2002), a diferencia de la mayoría de las Poaceae donde los haces del nervio medio se organizan en un arco sobre la epidermis abaxial. En las especies estudiadas, la estructura vascular de la costilla central varió de muy evidente en *G. angustifolia* y *G. amplexifolia* con varios haces y desarrollo considerable de esclerenquima, patrón común a la mayoría de los bambúes leñosos; hasta una bastante simple de un solo haz vascular, en el caso de *E. typica*, siendo esta última característica coincidente con la mayoría de los bambúes herbáceos y unos pocos leñosos (Judziewicz *et al.* 1999).

Por otro lado, la zona costal formada por las nervaduras, más conspicua en la cara abaxial con abundantes células silicificadas (con cuerpos silíceos) y una zona intercostal donde se ubican los estomas, fue observada en las tres especies, siendo un carácter típico de las Poaceae (Metcalf 1960, Londoño 2002), así como la presencia de células cortas y largas en ambas epidermis, lo cual se ha usado para resolver problemas taxonómicos (Metcalf 1960). Aún cuando la presencia de células cortas suberosas y silíceas es común en las Poaceae, Metcalf (1960) y Londoño y Kobayashi (1991), señalaron que los depósitos

silíceos suelen presentar un gran número de formas y tamaños que pueden tener valor taxonómico, tal como lo refirieron De Campos y Gouvea (1969), Ran-ir y Gouvea (1970) y Teixeira y Gouvea (1970), en el estudio de estas estructuras en las gramíneas del Cerrado (Brasil) y que su elongación vertical en relación al sentido longitudinal de la hoja es una característica de la subfamilia dentro las Poaceae. Además Motomura (2004, citado por Herrera-Giraldo *et al.* 2009) señaló que el sílice es el compuesto químico que se encuentra en mayor proporción en las especies de la familia, siendo esto una característica predominante dentro de la misma.

En el caso particular de las especies de *Guadua* estudiadas, los cuerpos silíceos se observaron de mayores dimensiones en *G. amplexifolia*, en relación a *G. angustifolia*, coincidiendo con lo observado por Londoño y Kobayashi (1991) en el estudio de éstos en especies de los géneros *Bambusa* y *Guadua*. En cuanto al papel fisiológico de estas células no está definido aún; Tarrants y McNaughton (1983) y Hopkins (1995) citados por Vieira *et al.* (2002) y Motomura *et al.* (2002) consideraron que las paredes compuestas por sílice pueden proveer resistencia frente a ataques de insectos y hongos. Por su parte, De Campos y Gouvea (1969) y Motomura *et al.* (2002) afirmaron que el sílice desempeña un papel importante en el balance hídrico, cambios térmicos y reflexión de la radiación; además Vieira *et al.* (2002) señalaron que es un elemento estructural complementario. En este sentido, Herrera-Giraldo *et al.* (2009) propusieron que la absorción de este elemento es controlada por la planta para el incremento de la estabilidad mecánica de sus tejidos y suministrar resistencia contra microorganismos y herbivoría.

En relación al índice estomático, en algunos casos este carácter ha contribuido a la separación de grupos de plantas (Verdugo *et al.* 1999) pero esta variable debe tratarse con cautela, ya que la misma puede ser influenciada por el ambiente en el que crece la planta (Roth *et al.* 1986, Pares-Martínez *et al.* 2004). Sin embargo, considerando que las condiciones del ensayo fueron las mismas, y las hojas muestreadas y el área dentro de éstas fue similar para las tres especies, entonces se esperaría que diferencias entre las especies en cuanto a esta variable tengan valor taxonómico, más aún si las diferencias son estadísticamente significativas entre ellas. Asimismo, representa información valiosa para el manejo y la propagación en vivero de estas especies.

Basado en todo lo anterior, las características anatómicas observadas en *G. angustifolia*, *G. amplexifolia* y *E. typica* se han identificado con la anatomía

foliar «tipo Bambusoideae» (Metcalf 1960, Calderón y Soderstrom 1973, Londoño y Kobayashi 1991, Vieira *et al.* 2002, Londoño 2002).

De igual forma, es importante resaltar que desde el punto de vista ecológico, a pesar de haber crecido las tres especies en condiciones de umbráculo, la anatomía foliar descrita para las mismas reveló características que podrían asociarse con el ambiente donde éstas crecen naturalmente. En *G. angustifolia* y *G. amplexifolia* el mayor desarrollo cuticular, mesofilo más grueso, células buliformes de mayor tamaño y sobresalientes de la epidermis adaxial y células fusoides más pequeñas, son caracteres que se han asociado con una amplia distribución en ambientes variados, frecuentemente con mayor radiación y más secos (Londoño 1990, 2002). Por el contrario, en *E. typica*, el menor desarrollo cuticular, mesofilo de menor espesor, células buliformes más pequeñas y hundidas en la epidermis y células fusoides de mayor tamaño, reflejan características relacionadas a ambientes más sombríos y de mayor humedad (Márquez 2008, Clark 2009 com. per.), lo que coincide con la distribución natural restringida de la especie, normalmente asociada a tierras bajas y cercanas a cursos de agua, tal como ha sido reportado en la literatura (Londoño 1990, Judziewicz *et al.* 1999, Márquez 2008).

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) por el financiamiento a través del Proyecto individual 01-005637-2007.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calderón, C. and T. Soderstrom. 1973. Morphological and anatomical considerations of the grass subfamily Bambusoideae based on the new genus *Maclurolyra*. Smithsonian Contr. Bot. 11: 55.
- D'Ambrogio, A. 1986. Manual de técnicas en histología vegetal. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 83 p.
- De Campos, A. e L. Gouvea. 1969. Corpos silicosos do gramíneas dos Cerrados. II. Pesq. Agropec. Bras. 4: 143-151.
- Diamont, D., N. Mariño y J.I. Azkue. 2005. Diferencias anatómicas en dos especies del género *Oryza* (*Oryza rufipogon* Griff. y *Oryza sativa* L. cv. FONAIAP 1) en tres fases del ciclo ontogenético. Agron. Trop. 55: 569-585.

- Ellis, R.P. 1976. A procedure for standardizing comparative leaf blade anatomy in the Poaceae. I. The leaf blade viewed transverse section. *Bothalia* 12: 65-109.
- Ellis, R.P. 1979. A procedure for standardizing comparative leaf blade anatomy in the Poaceae. II. The epidermis as seen in surface view. *Bothalia* 12: 641-671.
- García, M., D. Jáuregui y E. Medina. 2008. Adaptaciones anatómicas foliares en especies de Angiospermas que crecen en la zona costera del estado Falcón (Venezuela). *Acta Bot. Venez.* 31: 291-306.
- García, M. y D. Jáuregui. 2008. Efecto de la salinización con NaCl o Na₂SO₄ sobre la anatomía foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con tolerancia salina diferencial. *Ernstia* 18: 71-88.
- Herrera-Giraldo, C., M. Gómez, M. Saavedra, G. Fonthal, V. González y H. Ariza. 2009. Cuantificación de sílice presente en el follaje de *Guadua angustifolia* del Departamento del Quindío, Armenia Colombia. *Rev. Invest. Univ. Quindío* 19: 14-17.
- Judziewick, E.J., L. G. Clark, X. Londoño and M.J. Stern. 1999. American bamboos. Smithsonian Institution Press. Washington and London. 392 p.
- Londoño, X. 1990. Aspectos sobre la distribución y la ecología de los bambúes de Colombia (Poaceae: Bambusoideae). *Caldasia* 16: 139-153.
- Londoño, X. y M. Kobayashi. 1991. Estudio comparativo entre los cuerpos silíceos de *Bambusa* y *Guadua*. *Caldasia* 16: 407-418.
- Londoño, X. 2002. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del Nuevo Mundo. Maestría en Construcción - Modulo Guadua, Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá. 26 p.
- Márquez, L. 2008. Inventario de especies de Bambusoideae en cinco municipios del estado Yaracuy (Venezuela); propagación, crecimiento y anatomía foliar de tres especies con valor económico actual y/o potencial. Tesis de Maestría, Postgrado de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 211 p.
- Metcalf, C.R. 1960. Anatomy of the Monocotyledons, I: Gramineae. Clarendon Press. Oxford. 731 p.
- Montiel, M., V. Jiménez y E. Guevara. 2006a. Ultraestructura del bambú *Guadua amplexifolia* (Poaceae: Bambusoideae) presente en Costa Rica. *Rev.*

- Biol. Trop. 54: 21-28.
- Montiel, M., V. Jiménez y E. Guevara. 2006b. Ultraestructura del bambú *Guadua angustifolia* var. *bicolor* (Poaceae: Bambusoideae) presente en Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 54: 21-28.
- Montiel, M., V. Jiménez y E. Guevara. 2006c. Ultraestructura del bambú *Guadua macclurei* (Poaceae: Bambusoideae) presente en Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 54: 35-42.
- Motomura, H., Mita, N. and M. Suzuki. 2002. Silica accumulation in long-lived leaves of *Sasa veitchii* (Carriere) Rehder (Poaceae-Bambusoideae). Ann. Bot. 90: 149-152.
- Parés-Martínez, J., M. Arizaleta, M. Sanabria y L. Brito. 2004. Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación en función a la injertación en *Annona muricata* L. y *A. montana* MADFAC. Bioagro 16: 213-218.
- Ran-Ir, M. e L. Gouvea. 1970. Corpos silicosos do gramíneas dos Cerrados. III. Pesq. Agropec. Bras. 5: 83-207.
- Roth, I., T. Mérida y H. Lindorf. 1986. Morfología y anatomía foliar de plantas de la selva nublada de Rancho Grande. In: O. Juber (Ed.). 205-252. La Selva Nublada de Rancho Grande. Parque Nacional «Henri Pittier». El ambiente físico, ecología general y anatomía vegetal. Fondo editorial. Acta Científica Venezolana. 292 p.
- Soderstrom, T.R. and R.P. Ellis. 1988. The woody bamboos (Poaceae: Bambusoideae) of Sri Lanka: a morphological anatomical study. Smithsonian. Contr. Bot. 72: 75.
- Teixeira, S. e L. Gouvea 1970. Corpos silicosos do gramíneas dos Cerrados. IV. Pesq. Agropec. Bras. 5: 167-182.
- Verdugo A., A. de León, B. Zambrano, S. Barrios, E. León, B. Ríos y A. Benavides. 1999. Estimación del índice estomático y la frecuencia estomática en 4 variedades de ajo (*Allium sativum* L.). Curso de Fisiología de Hortalizas, Maestría en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), México.
- Vieira, R., D. Gomes, L. Sarahyba and R. Arruda. 2002. Leaf anatomy of three herbaceous bamboo species. Braz. J. Biol. 62: 907-922.
- Wilkinson, H. 1979. The plant surface (mainly leaf). In: Metcalfe, C. and L. Chalk, (Eds.). Anatomy of the dicotyledons. 97-165. 2ª Edition. Clarendon Press, Oxford. 297 p.