



## COMPARACIÓN DE LA ANATOMÍA FOLIAR DE CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO *CRYPTOCHLOA* SWALLEN (POACEAE: BAMBUSOIDEAE: OLYREAE)

<sup>1</sup>Nelson Jaén, <sup>1</sup>Cristina Garibaldi, <sup>1</sup>María Stapf, & <sup>2</sup>Ricardo María Baldini

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Departamento de Botánica. Panamá, República de Panamá.

<sup>2</sup>Universidad de Florencia, Departamento de Biología, CSET (Centro Studi Erbario Tropicale). Florencia, Italia.

### RESUMEN

El género *Cryptochloa* consta de nueve especies distribuidas desde América Central, hasta el noroeste de América del Sur. Este género se caracteriza por presentar muchos nudos hacia la parte superior de los culmos y hojas planas. En Panamá, se han reportado ocho especies, de las cuales cuatro son endémicas. El objetivo de este trabajo es comparar la anatomía interna y la epidermis foliar, de cuatro especies del género: *C. concinna*, *C. decumbens*, *C. dressleri* y *C. variana*. Para ello, se recolectaron hojas frescas de cinco individuos por especie: en Cerro Jefe, Parque Nacional Chagres (provincia de Panamá), Parque Nacional Altos de Campana (provincia de Panamá) y Santa Rita Arriba (provincia de Colón). Se prepararon placas fijas de cortes transversales de la parte media de la hoja y se documentó la anatomía interna mediante micrografías. Además, se obtuvieron imágenes de la epidermis empleando microscopio electrónico de barrido. Con los caracteres observados se elaboró una matriz y utilizando el programa de análisis multivariado (MVSP), y se aplicó el análisis de grupo ponderado emparejado con media aritmética (UPGMA). Este análisis permitió agrupar *C. concinna* con *C. dressleri* y *C. decumbens* con *C. variana*.

### PALABRAS CLAVES

Bambúes, *Cryptochloa*, anatomía.

## **LEAF COMPARATIVE ANATOMY OF FOUR SPECIES OF THE GENUS *CRYPTOCHLOA* SWALLEN (POACEAE: BAMBUSOIDEAE: OLYREAE)**

### **ABSTRACT**

The genus *Cryptochloa* consists of nine species distributed from northern Central America to northwest South America. It is characterized by flat leaves and many nodes in the upper part of the culm. Eight species are reported in Panama, four of which are endemic. The objective of this study is to compare the leaf internal anatomy and epidermis of four species from this genus: *C. concinna*, *C. decumbens*, *C. dressleri* and *C. variana*. Fresh leaves were collected from five individuals of each species in Cerro Jefe in Chagres National Park (Panama Province), Altos de Campana National Park (Panama Province), and Santa Rita Arriba (Colón Province). Transverse cuts from the middle of each leaf were fixed and mounted in permanent microscope slides; micrographs of these slides were used to document leaf internal structure. The structure of the epidermis of each leaf was documented using a scanning electron microscope. The observed characteristics were recorded in a matrix, transformed using Multivariate Statistical Package, and analyzed using Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean. This resulted in grouping *C. concinna* with *C. dressleri* and *C. decumbens* with *C. variana*.

### **KEYWORDS**

**Bamboos, *Cryptochloa*, Anatomy.**

### **INTRODUCCIÓN**

La subfamilia Bambusoideae (GPWG, 2001; Sánchez-Ken *et al.*, 2007), es una de las trece subfamilias dentro de la familia Poaceae, está ampliamente distribuida y constituye un grupo natural dentro de las Poaceae (Oliveira *et al.*, 2008b). En la actualidad esta subfamilia incluye dos tribus, Bambuseae y Olyreae, la primera incluye los bambúes habitualmente conocidos como leñosos y la segunda, las formas herbáceas (GPWG, 2001; Sánchez-Ken *et al.*, 2007).

La subfamilia Bambusoideae se caracteriza por presentar hojas pseudopetioladas, tres lodículas por flores e inflorescencias con brácteas que generalmente, producen pseudoespigas (McClure, 1966; McClure, 1973; Calderón & Soderstrom, 1980; Soderstrom, 1981a; Soderstrom & Ellis, 1987; Clark *et al.*, 1995).

El género *Cryptochloa*, de la tribu Olyreae, comprende hierbas cespitosas, perennes, monoicas. Los tallos presentan muchos nudos simples, monomorfos o dimorfos; pseudopeciolo cortos, lígulas membranáceas, asimétricas, adnadas a la aurícula de la vaina; láminas aplanadas, oblongas a ovadas, asimétricas y basalmente redondeadas. Las inflorescencias racemiformes, las terminales generalmente estaminadas; a veces bisexuales, las axilares usualmente bisexuales, raramente pistiladas (Davidse, 1994).

El género contiene nueve especies en América Tropical (Davidse, 1994), distribuidas desde América Central hasta el Norte de América del Sur y la zona Atlántica en Brasil (Judziewicz *et al.*, 1999). Correa *et al.* (2004) menciona la presencia de seis especies en Panamá, pero en la revisión realizada por Baldini & Ortiz (2014), sugieren que las especies en Panamá son siete, de las cuales tres son endémicas. Las especies reconocidas para Panamá son: *Cryptochloa concinna* (Hook. f.) Sw., *C. decumbens* Soderstr. & Zuloaga, *C. dressleri* Soderstr., *C. sodestromii* Davidse, *C. strictiflora* (E. Fourn) Sw., *C. unispiculata* Soderstr. y *C. variana* Sw. Y *Cryptochloa stapfii* Baldini & Ortiz (Baldini & Ortiz, 2015).

El valor taxonómico de las características epidérmicas de las hojas en plantas herbáceas, ha sido bien establecido para la identificación y clasificación de los miembros a nivel de familias (Prat, 1932; Prat, 1936; Tateoka *et al.*, 1959; Metcalfe, 1960; Jacques-Félix, 1962). Es importante destacar que la estructura anatómica de las hojas en las monocotiledóneas depende en gran medida del tipo de mecanismo fotosintético que esta presenta como, el tipo C3 o C4 y de las condiciones ambientales en las que crece la planta como: ambientes xerofíticos, mesofíticos o hidrofíticos (Cutler *et al.*, 2007).

La anatomía foliar de Bambusoideae, se caracteriza por presentar células fusoides largas, haz vascular cerrado por dos capas de células, una interior denominada metostoma (Brown, 1958) y una exterior de parénquima y presencia de células con invaginaciones (arm cells), donde ocurre la fotosíntesis, mesófilo no radiado.

La epidermis presenta varios tipos de células: células de sílice, células buliformes y estomas complejos: micro y macro pelos, espinas y

papilas (Judziewicz *et al.*, 1999); y los tricomas del tipo *Panicum* están formados por dos células (GPWG, 2001; Jesus Junior *et al.*, 2012).

La finalidad de este trabajo es: identificar diferencias y similitudes en las estructuras anatómicas de. *C. concinna* (Hook F.) Sw, *C. decumbens* Soderstr. & Zuloaga, *C. dressleri* Soderstr., y *C. variana* Sw. Además, describir la anatomía interna y de la epidermis foliar de las cuatro especies.

## **MATERIALES Y METODOS**

Para describir la anatomía foliar de *Cryptochloa* se recolectaron las hojas de cinco individuos procedentes de nueve poblaciones, en tres sitios de la República de Panamá: Tres poblaciones de *Cryptochloa concinna* (Jaén, N. 72) y una de *Cryptochloa decumbens* (Jaén, N. 74) en Cerro Jefe (Panamá); una población de *Cryptochloa concinna* (Jaén, N. 76), una de *Cryptochloa dressleri* (Jaén, N. 75) en Santa Rita (Colón) y tres poblaciones de *Cryptochloa variana* (Jaén, N. 78) en Cerro Campana (Panamá). Los especímenes de referencia fueron depositados en el Herbario de la Universidad de Panamá (PMA), el Herbario Summit Canal Zone (SCZ) y el Herbario Tropical de Florencia (FT). Los individuos recolectados fueron llevados al laboratorio, donde se midieron las características morfométricas y luego se seleccionaron cinco hojas maduras de cada individuo, que fueron cortadas desde la base de la lámina y colocadas en frascos que contenían fijador FAA al 50% (Formalina-Ácido Acético-Alcohol); algunas se fijaron en formalina al 4%.

El procesamiento del material consistió en una serie de deshidrataciones en diferentes concentraciones de alcohol etílico y butílico. Las muestras fijadas en FAA, se iniciaban con dos cambios en alcohol etílico al 50% y se continuaba con butanol al 60%, 70%, 80%, 90% y tres cambios al 100%. Cada paso de aproximadamente media hora. Las muestras fijadas en formalina al 4%, se deshidrataron en una serie de alcohol etílico al 10%, 20%, 30%, 40%, cada cambio de media hora, seguida de una serie de butanol al 60%, 70%, 80%, 90% y tres cambios al 100%, aproximadamente media hora en cada concentración. Para evitar el deterioro del material durante la infiltración en parafina, estas fueron colocadas en aceite mineral

durante una hora. La infiltración consistía en tres cambios de parafina fundida, de tres horas cada una.

Se obtuvieron cortes de la parte media de la lámina de un grosor aproximado de 10-12  $\mu\text{m}$ , empleando un micrótomo manual giratorio (Ellis, 1976). Los cortes se fijaron en porta objetos con una solución de gelatina comercial sin sabor 50 g en 200 ml de agua, y secados en un horno a 40°C, durante 24 h. La tinción de los cortes se efectuó mediante la combinación safranina verde fijo y montado en bálsamo de Canadá. Las observaciones de los cortes en secciones transversales se efectuaron usando un microscopio óptico Olympus Bx 41 y registradas mediante micrografías digitales, utilizando el programa Biopro.

Las micrografías de la epidermis adaxial y abaxial de la hoja se obtuvieron utilizando un microscopio electrónico de barrido (MEB) marca ZEISS EVO.40 VP. y un microscopio de fluorescencia (confocal), marca Olympus Fluoview FV 1000. La descripción de la anatomía interna y superficial de la hoja se realizó de acuerdo a Ellis (1976; 1979).

Los grupos obtenidos a partir de datos mixtos de las secciones transversales, superficie abaxial y adaxial de las hojas, fueron utilizados para expresar las mejores agrupaciones naturales. Este conjunto de datos se analizó en base al coeficiente de similitud de Gower (Friedman & Meulman, 2004). Para crear el fenograma se utilizó el programa estadístico de análisis multivariado (MVSP), y para agrupar las especies estudiadas en base a similitudes anatómicas de la hoja, se utilizó el grupo ponderado pareado con media aritmética (UPGMA) (Sneath & Sokal, 1973).

## **RESULTADOS**

En *Cryptochloa*, la lámina de la hoja es delgada, con márgenes rectos y grosor variable, siendo en la vena media y las venas secundarias los lugares donde presenta mayor grosor, mientras que en las zonas intercostales (entre venas) es más delgada. En el cuadro 1 se presenta los datos morfológicos de los individuos seleccionados, para este estudio.

Cuadro 1. Características morfológicas de *Cryptochloa*.

	<i>C. concinna</i>	<i>C. decumbens</i>	<i>C. dressleri</i>	<i>C. variana</i>
Tamaño (cm)	6-34,5 (15,6)	9-28 (18,18)	8-30 (16,8)	6,1-28,3 (15,8)
Número de culmos	4-17	7-27	5-7	4-32
Número de hojas por culmo	2-16 (8)	3-15 (9)	1-7 (5)	1-15 (5)
Forma de la hoja	Oblongo-lanceolada	Oblonga a oblongo-lanceolada	Linear-lanceolada	Lanceolada a oblonga
Largo de la hoja (cm)	1,6-5,1 (3,06)	1,8-2,5 (2,2)	6-10,1 (8,4)	2,2-4,5 (3,6)
Ancho de la hoja (cm)	0,6-1,3 (0,92)	0,6-1,00 (0,83)	1-1,8 (1,3)	0,6-1,5 (1,1)

### Anatomía

*Cryptochloa concinna*. Mesófilo: haz central (incluye la vena media) y haces de primer orden con dos vainas, una exterior de parénquima y una interior de esclerénquima y los haces de segundo orden presentan sólo una vaina de parénquima. Las fibras del esclerénquima proyectadas hacia ambas epidermis; en la superficie abaxial, interrumpen la vaina de parénquima en el haz central y en los haces de primer orden. Haz central con dos haces adyacentes, de segundo orden. En los haces de segundo orden, la vaina de parénquima es continua. Presenta células fusoides bien desarrolladas, separadas de las células adyacentes por una célula de parénquima; células invaginadas adaxiales con (una) dos-tres invaginaciones profundas y células invaginadas abaxiales con dos-tres invaginaciones profundas (Fig. 1).

Epidermis de la superficie adaxial, generalmente lisa, las células epidérmicas sin papilas, con espinas principalmente en la zona intercostal a los lados de las venas, alternas con microtricomas bicelulares; células cortas con cuerpos de sílice crenados y células largas; en algunos individuos recolectados en Santa Rita (Colón), se observaron macrotricomas dispersos. La superficie abaxial, presenta papilas distribuidas en toda la superficie, células cortas con cuerpos de sílice crenados y células largas en la zona intercostal, en la zona costal

las células con cuerpos de sílice en cruz; presencia de microtricomas en la zonas intercostales de las láminas; los estomas están dispuestos en la zona intercostal en una o dos líneas (Fig. 2.3).

*Cryptochloa decumbens*. Mesófilo: haz central y haces de primer orden con dos vainas, una exterior de parénquima y una interior del esclerénquima; las fibras de esclerénquima están proyectadas hacia ambas epidermis, pero en la superficie abaxial interrumpe la vaina de parénquima. En los haces de segundo orden, la vaina de parénquima es continua. Presenta células fusoides bien desarrolladas, separadas de las células adyacentes por una célula de parénquima; células invaginadas adaxiales con dos-tres invaginaciones profundas y células invaginadas abaxiales con dos-tres invaginaciones poco profundas (Fig. 1).

Epidermis de la superficie adaxial presenta papilas distribuidas en toda la superficie de la lámina, en la zona costal y la zona intercostal, macrotricomas unicelulares distribuidos en toda la superficie; microtricomas bicelulares; epidermis compuesta por células largas sin cuerpos de sílice y células cortas con cuerpos de sílice crenados. La superficie abaxial presenta abundantes papilas distribuidas en toda la superficie, células cortas con cuerpos de sílice y células largas en la zona intercostal; en la zona costal presenta células con cuerpos de sílice en cruz; microtricomas, y macrotricomas distribuidos tanto en la zona intercostal como en la zona costal de la lámina; los estomas están dispuestos generalmente en una línea en la zona intercostal (Fig. 2.3).

*Cryptochloa dressleri*. Mesófilo: haz central y haces de primer orden con dos vainas, una exterior de parénquima y una interior de esclerénquima. Las fibras del esclerénquima están proyectadas hacia ambas epidermis, pero en la superficie abaxial está interrumpiendo la vaina de parénquima. Haz central con dos haces de segundo orden adyacente. En los haces de segundo orden, la vaina de parénquima es continua. Presenta células fusoides bien desarrolladas, separadas de las células adyacentes por una célula de parénquima; células invaginadas adaxiales con una invaginación profunda y células invaginadas abaxiales con dos-tres invaginaciones poco profundas (Fig. 1).

Epidermis de la superficie adaxial lisa, células largas sin cuerpos de sílice y células cortas con grandes cuerpos de sílice crenados;

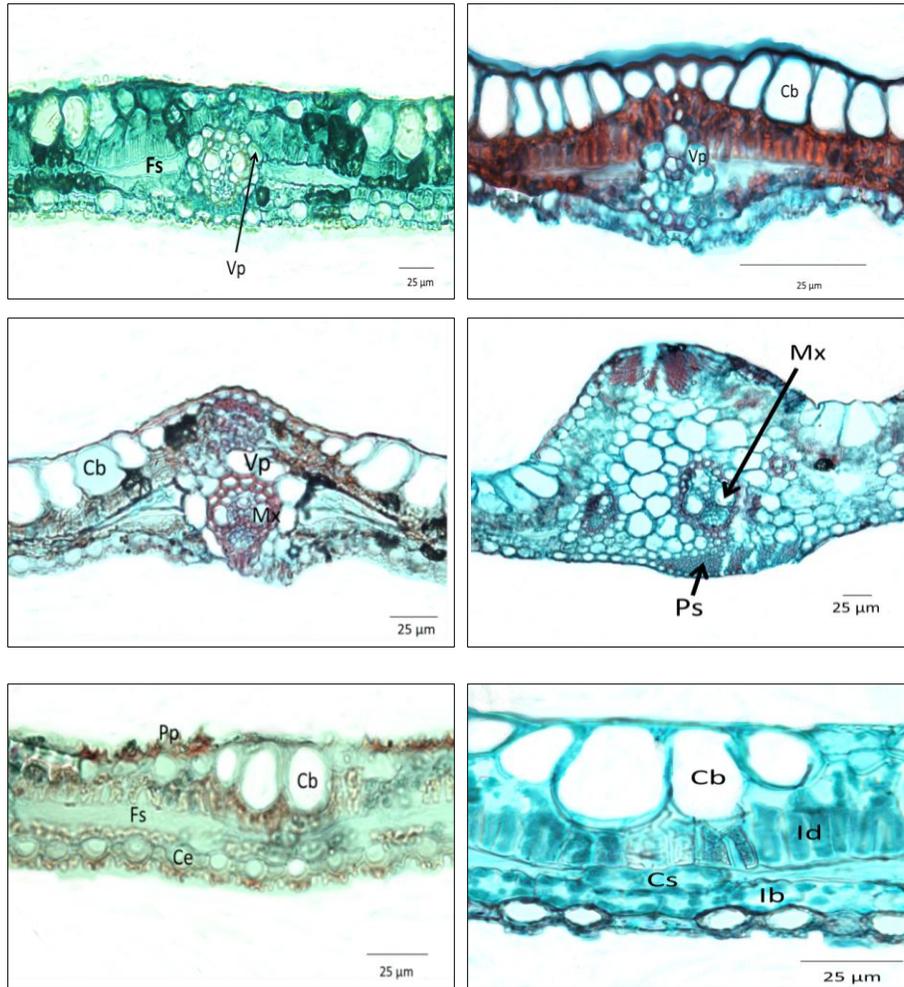
microtricomas bicelulares en la zona intercostal, al lado de las nervaduras, estomas presentes. Superficie abaxial con papilas distribuidas en toda la superficie de la lámina en las zonas costales y las zonas intercostales, células largas sin cuerpos de sílice y células cortas con cuerpos de sílice grandes, células con cuerpos de sílice en cruz presentes en las zonas costales; espinas en la zona intercostal y de microtricomas bicelulares; estomas distribuidos en una ó dos líneas en la zona intercostal (Fig. 2.3).

*Cryptochloa variana*. Mesófilo: haz central y haces de primer orden con dos vainas, una exterior de parénquima y una interior de esclerénquima; las fibras de esclerénquima están proyectadas hacia ambas epidermis, pero en la superficie abaxial interrumpe la vaina de parénquima. Haz central con dos haces de segundo orden adyacente. En los haces de segundo orden la vaina de parénquima es continua. Células fusoides bien desarrolladas, separadas de las células adyacentes por una célula de parénquima; células invaginadas adaxiales con (una) dos-tres invaginaciones profundas y células invaginadas abaxiales con dos-tres invaginaciones profundas (Fig. 1).

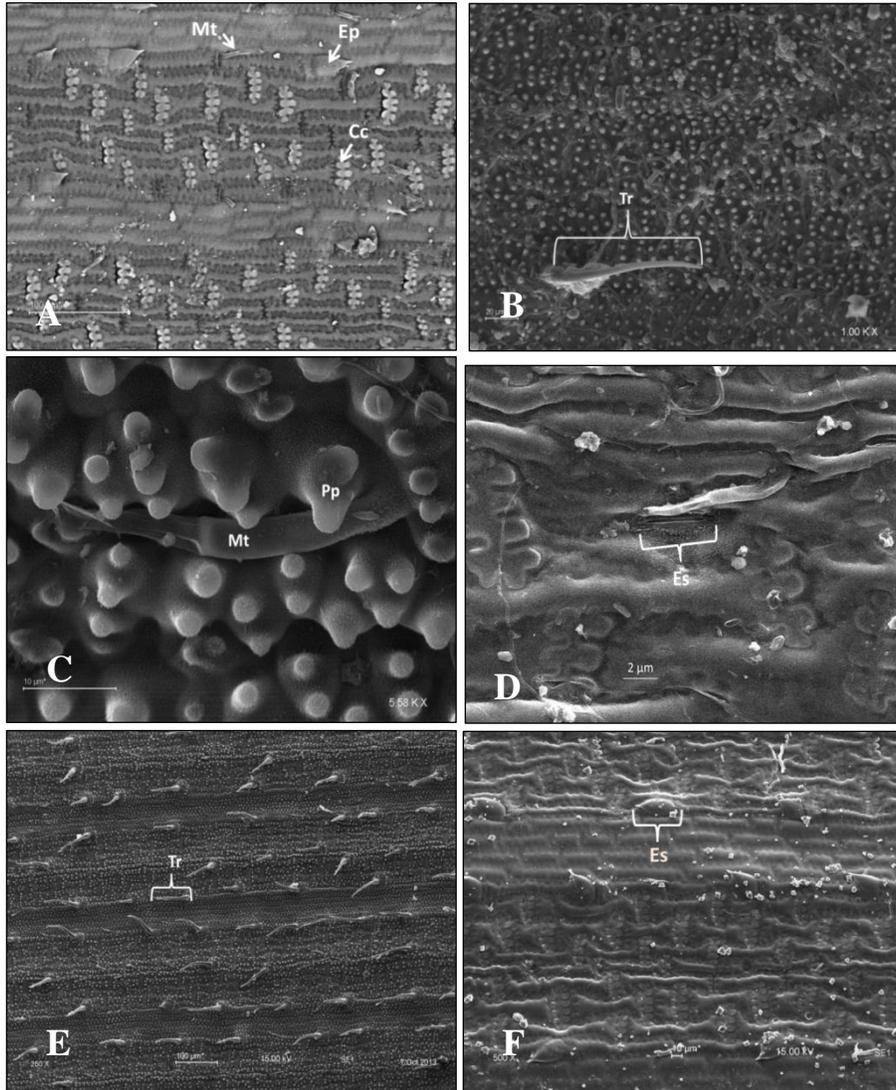
Epidermis de la superficie adaxial lisa con o sin papilas, cuando están presentes, estas están distribuidas en toda la superficie de la lámina; espinas en la zona intercostal; células largas sin cuerpos de sílice y células cortas con cuerpos de sílice crenados; puede o no presentar macrotricomas; los microtricomas están distribuidos a ambos lados de la zona intercostal. La superficie abaxial siempre con abundantes papilas, células largas y células cortas con cuerpos de sílice crenados en la zona intercostal, células con cuerpos de sílice en cruz en la zona costal; con presencia o no de macrotricomas unicelulares en toda la superficie, microtricomas bicelulares en las zona intercostal; los estomas están dispuestos en una o dos líneas intercostales (Fig. 2.3).

Cuadro 2. Tamaño aproximado de las estructuras en sección transversal.

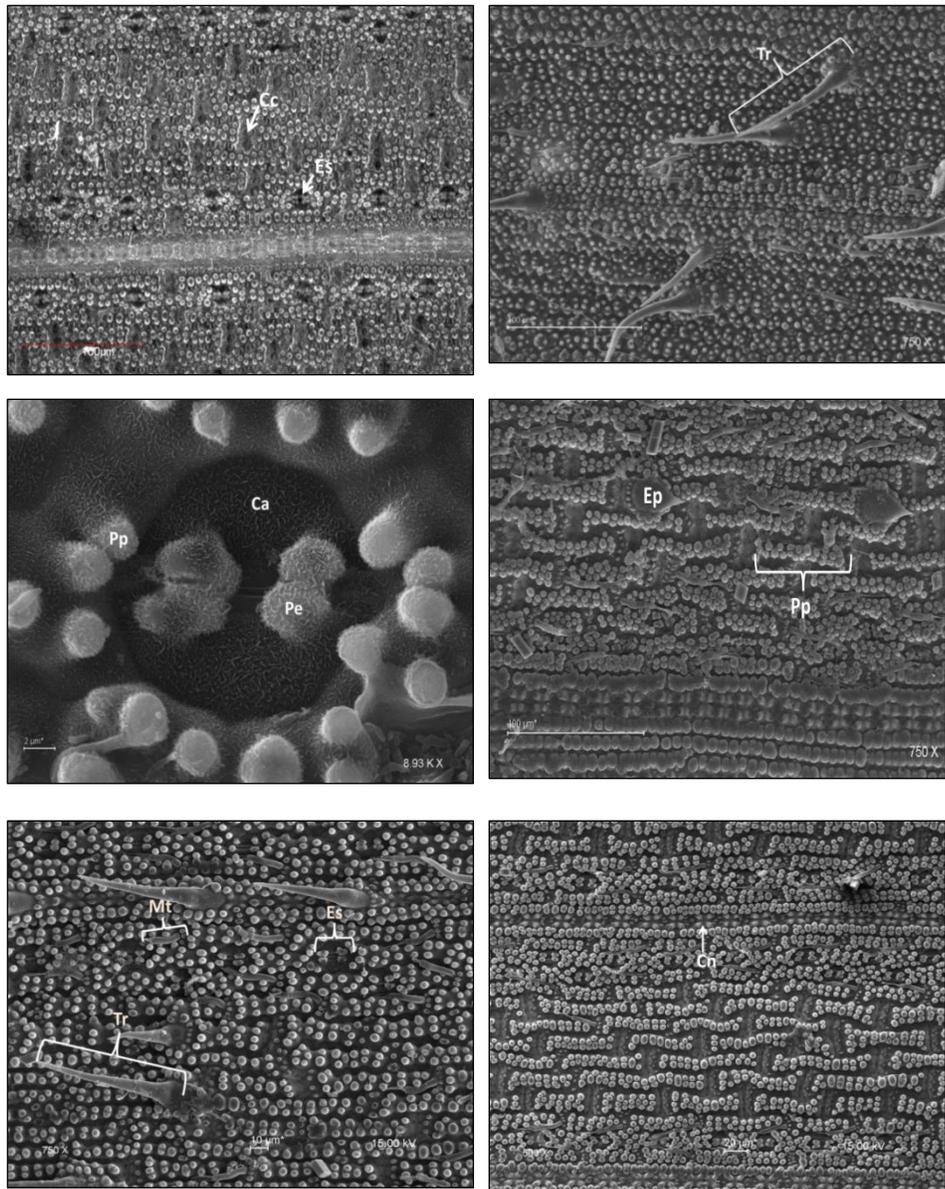
	<i>C. concinna</i> ( $\mu\text{m}$ )	<i>C. decumbens</i> ( $\mu\text{m}$ )	<i>C. dressleri</i> ( $\mu\text{m}$ )	<i>C. variana</i> ( $\mu\text{m}$ )
<b>Estructuras</b>				
Haz central	91	58	150	70
Haz de primer orden	48,6	39	59	48,6
Haz de segundo orden	30	25,4	42	33,96
<b>Grosor de la lámina</b>				
Sobre la vena media	166	100	290	125
Sobre los haces de primer orden	77	63	109	81
Sobre los haces de segundo orden	69,9	50	107	72,9
Sobre las células buliformes	74	52	83	65,9
<b>Tamaño de las células</b>				
Células buliformes	39	28	42	34
Células invaginadas adaxiales	22	10	45	25
Células invaginadas abaxiales	8,8	7,5	10	8,8
Células epidermales adaxiales	7,5	9	7,5	7,5
Células epidermales abaxiales	10	10	10	10



**Fig. 1.** A. Corte transversal de la lámina. *C. concinna*. Haz de primer orden. Vp Vaina de parénquima, Fs. Célula fusoides. B. Haz de segundo orden en *C. variana*. Vp. Vaina de parénquima, Cb. Células buliformes. C. Haz central de *C. decumbens*. Vp. Vaina de parénquima, Cb. Células buliformes, Mx. Metaxilema. D. Haz central de *C. dressleri* Mx. Metaxilema, Ps. Esclerénquima abaxiales. E. *C. decumbens*. Pp. Papilas de la superficie adaxial, Cb. Células buliformes, Fs. Célula fusoides, Ce. Célula de la epidermis abaxial. F. *C. dressleri*. Cb. Célula buliforme, Id. Invaginación de la célula invaginada. Cs. Célula de separación, Ib. Célula invaginada abaxial.



**Fig. 2.** Superficie adaxial de *Cryptochloa*. **A.** *C. concinna*. Mt. Microtricomas, Ep. Espina, Cc. Cuerpo de sílice crenado. **B-C.** *C. decumbens*. Tr. Macrotricoma, Pp. Papilas, Mt. Microtricoma. **D.** *C. dressleri*. Es. Estoma. **E-F.** *C. variana*. Tr. Macrotricomas, Es. Espina.



**Fig. 3.** Superficie abaxial de *Cryptochloa*. **A.** *C. concinna*. Cc. Cuerpos de sílice, Es. Estomas. **B-C.** *C. decumbens*, Tr. Macrotricoma. **15.** Estoma, Ca. Célula acompañante, Pe. Papila del estoma, pp. Papilas. **D.** *C. dressleri*. Ep. Espina, Pp. Papilas en las células largas. **E-F.** *C. variana*. Mt. Microtricoma, Es. Estoma, Tr. Macrotricoma, Cn. Cuerpo de sílice en cruz.

## DISCUSIÓN

En la epidermis, las células cortas presentan cuerpos de sílice crenados los cuales están relacionados a la captura de luz (Soderstrom, 1982). Esta característica está íntimamente relacionada con las funciones fotosintéticas en las plantas (Judziewicz *et al.*, 1999). En *Cryptochloa*, las láminas son delgadas y planas, con márgenes rectos, el grosor de la lámina variaría entre las zonas costales e intercostales. Morfológicamente presentan pseudopécíolos cortos y láminas basalmente asimétricas (Davidse, 1994), lineales a lanceoladas en *C. dressleri*, oblongo-lanceoladas en *C. cocinna* y *C. variana*, y en *C. decumbens* oblongas a oblongo-lanceoladas.

La vaina de parénquima en los haces de primer orden y en el haz central, se encuentra interrumpida abaxialmente por proyecciones de esclerénquima, que se extienden desde la vaina del haz hasta el margen de la hoja. Según Ellis (1976) la presencia de esclerénquima proporciona tejido de apoyo. Mientras que, en los haces de segundo orden la vaina de parénquima es continua, como ocurre en *Cryptochloa capillata* (Trin.) Soderstr. (= *Olyra capillata* Trin.), mencionado por Vieira *et al.* (2002). El haz central en *C. concinna*, *C. dressleri* y *C. variana* presenta dos haces de segundo orden adyacentes, mientras que estos están ausentes en *C. decumbens*. Estas características sugieren, que estas especies podrían presentar anatomía tipo C3 en relación a lo mencionado por Hatterslery (1987).

La presencia de células con invaginaciones “arm cells” (Haberlandt, 1928; Calderón & Soderstrom, 1973; Soderstrom & Ellis, 1988), son típicas de la subfamilia Bambusoideae. En *Raddia* las células con invaginaciones, están posicionadas encima y debajo de las células fusoides, las de arriba en una o dos líneas de células y las de abajo solo en una línea (Oliveira *et al.*, 2008a), igual que en *C. capitellata* (Vieira *et al.*, 2002). En las especies estudiadas tanto la parte superior como la inferior de las células fusoides presentan una línea de células invaginadas. En la parte superior con invaginaciones irregulares generalmente con una, dos o tres invaginaciones en *C. concinna*, *C. decumbens* y *C. variana*, mientras que, para las cuatro especies, en la parte inferior las invaginaciones de las células invaginadas son irregulares, de dos o tres invaginaciones por células. Éste es uno de los caracteres que utilizamos para establecer diferencias entre las especies.

*C. dressleri* se separó de las otras tres especies, porque las células con invaginaciones superiores, son más largas y presentan una invaginación.

Procesos fisiológicos relacionados a la fotosíntesis comprenden diferentes mecanismos de adaptación de las plantas, en el caso de la subfamilia Bambusoideae, las células del clorénquima presentan invaginaciones que promueven el aumento del área celular (Scatena & Scremin-Dias, 2003) y probablemente, aumenta la absorción de luz y eficiencia fotosintética (Oliveira *et al.*, 2008a).

El parénquima clorofílico, disminuye gradualmente en tamaño y la profundidad de las invaginaciones, particularmente sugerido para *C. capitellata* en Vieira *et al.* (2002). En las especies estudiadas se observó que el margen de la hoja termina en dos o tres líneas de células esclerenquimáticas, tal como ocurre en *C. capitellata*.

Ellis (1976) menciona que las células buliformes difieren del resto de las células epidermales, porque éstas son más largas y voluminosas. Una forma de distinguir la superficie adaxial de la superficie abaxial es la presencia de las células buliformes. Estas células se localizan entre los haces vasculares y son presumiblemente las que en caso de estrés hídrico ocasionan el enrollamiento de las hojas (Judziewicz *et al.*, 1999). En las especies estudiadas, las células buliformes son redondeadas a ovadas, parecidas a las sugeridas para *Raddia* por Oliveira *et al.* (2008a) y están presentes en grupos irregulares y variables de cuatro, cinco o seis células.

Soderstrom (1982) menciona que en *C. dressleri*, la epidermis abaxial contiene cuerpos de sílice en forma de cruz sobre las venas y que en la superficie adaxial, los cuerpos de sílice sobre las venas (zona costal) están ausentes. En las especies de *Cryptochloa* estudiadas, los cuerpos de sílice crenados están dispuestos en la zona intercostal en ambas epidermis y los cuerpos de sílice en cruz se encuentran en la zona costal de la superficie abaxial, y están ausentes en la superficie adaxial.

Algunos autores (Haberlandt, 1928; McNaughton & Tarrants, 1983; Hopkins, 1995; Motomura *et al.*, 2006) consideran que la presencia de sílice en las paredes de las células previene el ataque de insectos y hongos. Además, Lanning *et al.* (1958) y Moore (1984) afirman que la sílice es un elemento estructural complementario, que contribuye al soporte vegetativo. Campos y Labouriau (1969) suponen que el sílice ocasiona la reflexión de la luz en el mesófilo, aumentando la captación de luz. Esto aplicado a hierbas que habitan en lugares sombreados, como *Cryptochloa*, para aumentar la captación de luz. En Bambusoideae, generalmente se pueden observar tres tipos de anexos epidérmicos: papilas, microtricomos y espinas (Calderón & Soderstrom, 1973). Según Ellis (1979), las papilas se producen en las células largas y cortas, especialmente en la zona intercostal, en números que pueden variar de uno a muchos por célula. En *C. capitellata* y *R. brasiliensis*, se producen principalmente en las células largas en la superficie abaxial (Viera *et al.*, 2002). En las especies de *Cryptochloa* estudiadas, se observó la presencia de papilas principalmente en la superficie abaxial, aunque *C. decumbens* presentó papilas en ambas superficies a lo largo de la misma. En *C. variana* se observó la presencia de papilas en la superficie adaxial solo en algunos individuos, mientras que otros individuos presentaban la superficie adaxial lisa. En *C. concinna* y *C. dressleri* no se observaron papilas en la superficie adaxial, solo en la superficie abaxial y distribuidas en toda la superficie.

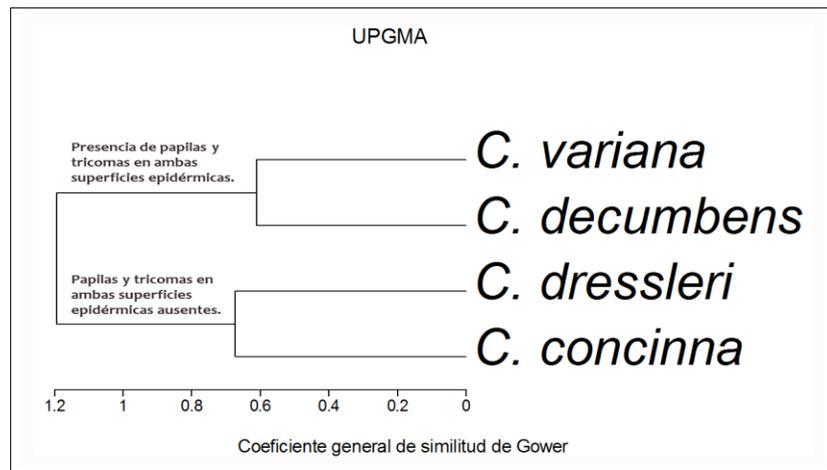
La presencia de papilas en las células epidérmicas puede estar relacionada con la distribución geográfica de las especies (Davila & Clark, 1990). Oliveira *et al.* (2008a), mencionó que las especies de *Raddia* que ocurrían en lugares secos, presentan papilas más desarrolladas que aquellas que ocurrían en lugares húmedos, donde éstas eran pocas o estaban ausentes.

Adicionalmente, se observaron otros anexos epidérmicos, tales como la presencia de espinas en la superficie adaxial, en *C. concinna*, *C. variana*, y en *C. dressleri* en la superficie abaxial. En la zona intercostal, los microtricomos en *C. concinna* son alternos a las espinas. Igualmente se observó la presencia de macrotricomos unicelulares, estos estaban presentes en ambas superficies en *C. decumbens* y algunos individuos de *C. variana*. En *C. concinna*

estaban presentes en la superficie adaxial, pero dispersos, en algunos individuos de la población en Santa Rita. Davidse (1994) en la descripción de esta especie señala la presencia de macrotricomas en la superficie abaxial.

El complejo estomático es típico de las Poaceae consiste en un estoma formado por un par de células de guarda, además, una célula subsidiaria en forma de cúpula o triangular adyacente a cada célula guarda (Metgalfe, 1960; Judziewicz *et al.*, 1999; Alquini *et al.*, 2006). Tres de las cuatro especies de *Cryptochloa* estudiadas son hipostomáticas, solamente *C. dressleri* se observó la presencia de estomas en la superficie adaxial. Los estomas abaxiales estaban dispuestos en una o dos líneas intercostales en *C. concinna*, *C. dressleri* y *C. variana*, pero en *C. decumbens* se observó generalmente una línea de estomas.

**Análisis de similitud:** El análisis de similitud (Fig. 4) muestra una representación del grado de similitud que presentan las especies estudiadas, agrupando las especies de acuerdo a las variaciones anatómicas observadas. *Cryptochloa variana* y *C. decumbens*, son más similares y se mantienen agrupadas. Mientras que, *C. concinna* y *C. dressleri* forman otro grupo.



**Fig. 4.** UPGMA representa las agrupaciones de las especies del género *Cryptochloa*, basado en caracteres anatómicos.

Estas agrupaciones se deben principalmente a características de la epidermis, como la presencia o ausencia de papilas y macrotricomas, más que las características de anatomía interna, la cuales varían poco entre las cuatro especies. Aunque Davidse (1994) menciona que *C. variana* es una especie muy variable con poblaciones distintas en la provincia de Veraguas, donde las características morfológicas y su distribución se traslapan con las de *C. concinna*. Sin embargo, en este estudio la anatomía nos permitió relacionar más a *C. concinna* con *C. dressleri*, que con *C. variana*. Las variaciones en la forma, presencia o ausencia de ciertas estructuras pueden ser planteadas para establecer diferencias entre las especies de *Cryptochloa* revisadas en este estudio.

### **CONCLUSIONES**

En la descripción de la anatomía en cuatro especies del género *Cryptochloa*, identificamos variaciones en presencia o ausencia de estructuras celulares tales como: macrotricomas, papilas, espinas y variaciones en el número de invaginaciones de las células con paredes invaginadas o “arm cells”. Estas estructuras pueden proponerse como caracteres anatómicos, que ayuden a la separación de las especies, aunque no sean específicas para estos taxones. El análisis de similitud nos permitió separar las cuatro especies de *Cryptochloa*, formando dos grupos: un grupo formado por *C. decumbens* y *C. variana* y otro por *C. dressleri* y *C. concinna*.

### **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos al Herbario de la Universidad de Panamá (PMA) y a la profesora Mireya Correa, por facilitarnos la revisión de los especímenes. Al Lic. Jorge Ceballos, técnico en microscopía electrónica del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), por tomar las fotos con el microscopio electrónico de barrido. Departamento de Zoología de la Universidad de Panamá, en especial al Prof. Daniel Quintero, por el apoyo en el laboratorio de Técnicas Histológicas, y al Sr. Dimas Stapf por su apoyo en la recolección de las muestras.

## REFERENCIAS

Alquini, Y., C. Bona, M.R.T. Boeger & C.F. Barros. Epiderme. In Apezatto-da-Glória, B. And Carmello-Guerreiro, SM. (Eds.). Anatomia vegetal. Edit. UFV. Vicosá. pp 87-108.

Baldini, R.M & O.O. Ortiz. 2014. Panama as a crucial centre of differentiation for the herbaceous bamboos (Poaceae: Bambusoideae: Olyreae): a study in progress, Plant Biosyst. 148(3): 558-564.

Baldini, R.M & O.O. Ortiz. 2015. *Cryptochloa stapfii* (Poaceae: Bambusoideae: Olyreae), a new neotropical herbaceous bamboo from Panama. Phytotaxa 203(3): 271–278.

Brown, W.V. 1958. Leaf anatomy in grass systematic. Bot. Gaz. 119: 170-178.

Campos, A.C. & L.G. Labouriau. 1969, Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados II. Pesq. Agropec. Bras. 4: 143-151.

Calderón, C.E. & T.R. Soderstrom. 1973. Morphological and anatomical considerations of the grass subfamily Bambusoideae based on the new genus *Maclurolyra*. Smith. Cont. Bot. 11:1-55.

Calderón, C.E. & T. R. Soderstrom. 1980. The genera of Bambusoideae (Poaceae) of the American continent: keys and comments. Smithsonian Contr. Bot. 44: 1–27.

Correa, A.M.D., C. Galdames & M. Stapf. 2004. Catálogo de las plantas vasculares de Panamá. Edit. Novo Art., S.A. Bogotá. p. 32.

Cutler, D.F., T. Botha & D.W. Stevenson. 2007. Plant anatomy. An applied approach. Blackwell Publishing, USA, UK, Australia. p. 302.

Davila, P. & L.G. Clark. 1990. Scanning Electron Microscopy Survey of Leaf Epidermis of Sorghastrum (Poaceae: Andropogoneae). Amer. Jour. Bot., 77: 499-511.

Davidse, G. 1994. *Cryptochloa* Sw. En: Sousa, M. & Chater, A. Edit. Flora Mesoamericana. Universidad Autonoma de México, Instituto de Biología (UNAM). The Natural History Museum (London). Ann. Mo. Bot. Gard. 6: 213-214.

Ellis, R.P. 1976. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in the Poaceae I: the leaf blade as viewed in transversal section. Bothalia 12(1): 65-109.

Ellis, R.P. 1979. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in the Poaceae II: the epidermis as seen in surface view. Bothalia. 12(4): 641-671.

Friedman, J.H. & J.J. Meulman. 2004. Clustering objects on subsets of attributes, J. R. Stat. Soc. Series B 66: 815-849.

GPWG (Grass Phylogeny Working Group). 2001. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). Ann. Mo. Bot. Gard. 88: 373-457.

Haberlandt, G. 1928. Physiological plant anatomy. London, Macmillan & Co Ltda. p. 777.

Hattersley, P.W. 1987. Variations in photosynthetic pathway. En: T.R. Soderstrom, K.W. Hilu, C.S. Campbell & E. Barkworth (eds.). Grass Systematics and Evolution. Washington DC: Smithsonian Institution Press. pp. 49-64.

Hopkins, W.G. 1995. Introduction to plant physiology. John Wiley & Sons, New York, p. 464.

Jacques-Félix, H. 1962. Les graminées d'Afrique tropicale, I: Generalités. Classification, description des genres. Bulletin Scientifique D'Intitu de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vивиéres, 8: xi + 345 pp.

Jesus Junior, L.A., R.P. Oliveira, K.R.B. Leite & L.B. Silva. 2012. Comparative analysis of the leaf anatomy in two *Parodiolyra* species (Poaceae: Olyreae) occurring on forests in Eastern Brazil. Braz. J. Biol. 72(1): 205-210.

Judziewicz, E.J.L., L.G. Clark, X. Londoño & M.J. Stern. 1999. American Bamboos. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. pp. 32-37.

Lanning, F.C., B.W. X. Ponnaiya & C.F. Crimpton. 1958. The chemical nature of silica in plants. Plant Physiol. 33(5): 339-43.

McClure, F.A. 1966. The bamboos: a fresh perspective. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA. Reprinted as "The bamboos" in 1993 by the Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA. 345 pp.

McClure, F.A. 1973. Genera of bamboos native to the New World. Smithsonian Contr. Bot. 9: 1-148.

MCnaughton, S.J. & J.L. Tarrant. 1983. Grass leaf silicification: natural selection for an inducible defense against herbivores. Proc. Nat. Acad. Sci. 80: 790-791.

Metcalfé, C.R. 1960. Anatomy of the monocotyledons I: Gramineae. Clarendon Press, Oxford. pp. 731.

- Moore, D. 1984. The role of silica in protecting Italian rye grass from attack by dipterous stem-boring larvae. *Ann. Appl. Biol.* 104(1): 161-166.
- Motomura, H., T. Fuji & M. Suzuki. 2006. Silica Deposition in Abaxial Epidermis before the Opening of Leaf Blades of *Pleioblastus chino* (Poaceae, Bambusoideae). *Ann. Bot.* 97: 513–519.
- Oliveira, R.P., Longhi-Wagner, H.M. & K.R. Batista. 2008. A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia de *Raddia* Bertol. (Poaceae: Bambusoideae). *Acta Bot. Bras.* 22(1): 1-19.
- Oliveira, R.P., E.L. Borba & H.M. Longhi-Wagner. 2008. Morphometrics of herbaceous bamboos of the *Raddia brasiliensis* complex (Poaceae – Bambusoideae): implications for the taxonomy of the genus and new species from Brazil. *Syst. Evol.* 270: 159–182.
- Palmer, P.G. 1976. Grass Cuticles: A New Paleoecological Tool for East African Lake Sediments. *Can. J. Bot.* 54(15): 1725-1734.
- Prat, H. 1932. L'Épiderme des graminées: Étude anatomique et systématique. *Ann. Sci. Nat., Bot. Ser.* 10(18): 165-258.
- Prat, H. 1936. La Systématique des Graminées. *Ann. Sci. Nat., Bot. Ser.* 18: 165-258.
- Sánchez-Ken, J.G., L.G. Clark, E.A. Kellogg & E.E. Kay. 2007. Reinstatement and Emendation of Subfamily Micrairoideae (Poaceae). *Syst. Bot.* 32: 71-80.
- Sneath, P.H.A & R.R. Sokal. 1973. *Numerical Taxonomy*. San Francisco: Freeman.

Scatena, V.L. & E. Scremin-Dias. 2003. Parênquima, colênquima e esclerênquima. Págs. 109-127. En: B. Appezzato-da-Glória & S.M. Carmello-Guerreiro (eds.). Anatomia Vegetal. Viçosa, Editora Universidade Federal de Viçosa.

Soderstrom, T.R. 1981a. Some evolutionary trends in the Bambusoideae. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 68: 15-47.

Soderstrom, T.R. 1982. *Cryptochloa dressleri* (Poaceae), a new Bambusoid grass from Panama. *Brittonia*, 34(1): 25-29.

Soderstrom, T.R. & R. P. Ellis. 1987. The position of bamboo genera and allies in a system of grass classification, pp. 225–238. En T. R. Soderstrom, K. W. Hilu, C. S. Campbell, and M. E.

Barkworth [eds.], Grass systematics and evolution. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.

Soderstrom, T.R. & R.P. Ellis. 1988. The woody bamboos (Poaceae: Bambusoideae) of Sri Lanka: a morphological anatomical study. *Smith. Cont. Bot.* 72: 1-75.

Tateoka, T., Inoue, S. & S. Kawano. 1959. Notes on some Grasses, IX: Systematic Significance of Bicellular Microhairs of Leaf Epidermis. *Bot. Gaz.* 121(2): 80-91.

Vieira, R.C., D.M.S. Gomes, L.S. Sarahyba & R.C.O. Arruda. 2002. Leaf Anatomy of three herbaceous bamboo species. *Braz. J. Biol.* 62(4B): 907-922.

***Recibido diciembre de 2015, aceptado febrero de 2016.***