

Preferencia de hospedero, orientación y rasgos morfológicos-anatómicos de *Pleopeltis minima* (Polypodiaceae) en un ambiente urbano

Hernández, Marcela A.¹; Rodolfo O. Varela²; Lucrecia C. Terán¹; Marisol Mata¹

¹ Instituto Morfología Vegetal - Fundación Miguel Lillo (FML). Miguel Lillo 251, S.M. (4000) S. M. de Tucumán. E-mail: mahernandez@lillo.org.ar

² Instituto de Ecología - FML; Instituto de Ambientes de Montañas y Regiones Áridas, Universidad Nacional de Chilecito, La Rioja.

► **Resumen** — Hernández, M. A.; R. O. Varela; L. C. Terán; M. Mata. 2012. "Preferencia de hospedero, orientación y rasgos morfológicos-anatómicos de *Pleopeltis minima* (Polypodiaceae) en un ambiente urbano". *Lilloa* 49 (2). *Pleopeltis minima* un helecho epifito de la Familia Polypodiaceae de amplia distribución latitudinal en Sudamérica, con gran tolerancia a la desecación. Este estudio analiza la preferencia de *P. minima* por la especie de hospedero y orientación y describe las estructuras morfoanatómicas xeromórficas de la fronde y del rizoma, en el arbolado de las ciudades de San Miguel de Tucumán y Yerba Buena (Provincia de Tucumán, Argentina). Se registró la presencia y orientación de *P. minima* sobre el tronco y ramas laterales (hasta los 4 m de altura), en todos los árboles cultivados de las Avenidas Mate de Luna y Aconquija (9,5 km long. total). Ocho especies de árboles fueron hospederos de *P. minima*. *Handroanthus impetiginosa* ("lapacho rosado") y *Jacaranda mimosifolia* ("jacarandá") fueron los principales hospederos y las especies más abundantes de las avenidas. La proporción absoluta de árboles hospederos fue mayor en *Enterolobium contortisiliquum* ("pacará"), y similar en *Ceiba chodatii* ("palo borracho"), *H. impetiginosa* y *J. mimosifolia*. La frecuencia de *P. minima* fue significativamente mayor en troncos y ramas con orientación sur. Las escamas del peciolo en conjunción con el movimiento de apertura y cierre de las alas y el anillo esclerenquimático subepidérmico constituyen mecanismos de control de la pérdida de agua y de hidratación. Estos resultados son los primeros en su tipo para helechos de la Familia Polypodiaceae.

Palabras clave: *Pleopeltis*, epifitismo, anatomía, helechos, Polypodiaceae.

► **Abstract** — Hernández, M. A.; R. O. Varela; L. C. Terán; M. Mata. 2012. "Host preference, orientation and morphological-anatomical features of *Pleopeltis minima* (Polypodiaceae) in an urban environment". *Lilloa* 49 (2). *P. minima* is an epiphytic, desiccation tolerant fern of the Polypodiaceae Family of wide latitudinal distribution in South America. This study analyzes the preference of *P. minima* for host species and orientation and describes the morphological and anatomical xeromorphic structures of the frond and stem of *P. minima* in all the trees of San Miguel de Tucumán and Yerba Buena. The presence and orientation of *P. minima* on the trunk and lateral branches up to 4 meters height was observed in all the trees in the Mate de Luna and Aconquija Avenues (9,5 Km long). Eight species were hosts to *P. minima*. *Handroanthus impetiginosa* ("lapacho rosado") and *Jacaranda mimosifolia* ("jacarandá") were the mean hosts and the most abundant species in the Avenues. The absolute proportion of host trees was greater in *Enterolobium contortisiliquum* ("pacará") and similar to *Ceiba chodatii* ("palo borracho"), *H. impetiginosa* and *J. mimosifolia*. The south-facing branches showed significantly higher frequency of *P. minima*. The scales in the petiole, together with the opening and closing of the wings, and the subepidermic sclerenchymatic ring are considered mechanisms of control of the processes of hydration and water loss. These findings are the first in their type for ferns of the Polypodiaceae Family.

Keywords: *Pleopeltis*, epiphytes, anatomy, ferns, Polypodiaceae.

INTRODUCCIÓN

Los helechos de la familia Polypodiaceae son de distribución Pantropical y en su mayoría son epífitas y epipétricas. Representan cerca del 39,5 % de los helechos epífitos tropicales (Panigrahi & Patnaik, 1963; Kress, 1986) y tienen un importante rol como colonizadores y formadores de sustrato (Tejero-Díez, 2009). Contribuyen a mantener alto grado de humedad y nutrientes minerales posibilitando la presencia de comunidades de epífitas y otros organismos (Benzing, 1990).

Estos helechos habitan en una gran variedad de ambientes (selvas, bosques, matorrales) y han desarrollado diferentes adaptaciones para controlar la pérdida de agua y captar la humedad. Algunos de estos mecanismos incluyen la succulencia del rizoma, cutícula gruesa, la presencia de vainas alrededor de los paquetes vasculares en el pecíolo y sus patrones de reticulación en las láminas, la presencia de hojas caducas, láminas bifaciales, y en algunas especies, la presencia del Metabolismo Ácido Crasuláceo (Tejero-Díez, 2009). Algunas especies son poikilohídricas o reviviscentes y toleran la deseca-

ción mediante mecanismos de hidratación y deshidratación. Esto les permite sobrevivir con la pérdida de hasta el 95% del agua hasta el punto que no existe fase líquida en las células, acompañado de recuperación rápida del metabolismo normal al rehidratarse (Proctor & Tuba, 2002; Kessler & Siorak, 2007; Tejero-Díez, 2009).

La distribución y abundancia de las epífitas, está determinada principalmente por las características del hospedero (forofito), tales como el ángulo de inclinación, diámetro y edad de las ramas, la orientación a los vientos húmedos, la arquitectura, tamaño y altura de la copa, el relieve de la corteza, su porosidad, la capacidad de humedecerse, el pH y los componentes químicos (Johansson, 1974; Bennet, 1986; Todzia, 1986; Ter Steege & Cornelissen, 1989; Benzing, 1990; Dejean *et al.*, 1995; Kernan & Fowler, 1995; Heitz, 1997; Rudolph *et al.*, 1998; Engwald *et al.*, 2000; Isaza *et al.*, 2004).

Las relaciones entre las epífitas y sus hospederos así como sus adaptaciones han sido muy estudiadas en diferentes tipos de bosques tropicales (Sudgen, 1981; Ter Steege & Cornelissen, 1989; Yeaton & Gladstone, 1982; Zimmerman & Olmsted, 1992), tem-



Fig. 1. Imagen satelital de los municipios de San Miguel de Tucumán y Yerba Buena (obtenida de Google 2012), donde se señalan (con trazo amarillo) la zona de muestreo. La línea negra separa ambos municipios. Hacia el este San Miguel de Tucumán, al Oeste, Yerba Buena.

plados (Tewari *et al.*, 1985) y plantaciones forestales (Madison, 1979); pero son poco conocidas en ecosistemas urbanos.

Pleopeltis minima (Bory) J. Prado & R. Y. Hirai (Polypodiaceae) es un helecho epífito pequeño, de amplia distribución en Sudamérica (Brasil, Uruguay, Paraguay, Bolivia y Argentina). Se encuentra muy difundido en el arbolado de las ciudades de San Miguel de Tucumán y Yerba Buena, Pcia. Tucumán, Argentina. Es una especie reviviscente, que exhibe las frondes turgentes solo en periodos de alta humedad atmosférica. Este estudio tiene como objetivos analizar la preferencia de *P. minima* (Polypodiaceae) por la especie de hospedero y orientación en el arbolado urbano de San Miguel de Tucumán y Yerba Buena y describir las estructuras anatómicas relacionadas con el control de la pérdida de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL EXAMINADO PARA ANÁLISIS MORFOLÓGICO Y ANATÓMICO

Argentina. Tucumán.— Dpto. Capital, 10-IV-08, Hernández y Terán 781-805; 465 msnm. Dpto. Trancas, Ticucho. Mata y Cerasuolo 1, 2, 3, 4. Dpto. Yerba Buena, 16-02-2011, Hernández 1045-1049; 650 msnm (LIL).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el arbolado urbano de las Avenidas Mate de Luna y Aconquija, que comunican los municipios de San Miguel de Tucumán (26°49'50"S; 65°12'13") y Yerba Buena (26°49'0"S, 65°19'0"), en la Provincia de Tucumán (Fig. 1). Ambas avenidas cubren una longitud de 9,5 km. San Miguel de Tucumán, capital de la Provincia, presenta una superficie de 114 km² (INDEC, 2001). El municipio de Yerba Buena se sitúa al oeste de la ciudad capital, en el departamento homónimo del cual es cabecera. La morfología general del terreno es una planicie de suave pendiente de inclinación noroeste a sudeste, con cotas máximas de 500 y mínimas de 400 msnm. El clima es cálido y húmedo, con una precipitación media anual de 1000 mm, de ocurrencia estival.

Desde un contexto fitogeográfico, la vegetación original que caracterizaba el área fue el bosque pedemontano o bosque de transición entre Chaco y Yungas, representado por árboles como la «tipa» (*Tipuana tipu*), el «pácará» (*Enterolobium contortisiliquum*), el «cebil», el «viraró» (*Ruprechtia laxiflora*) y el «lapacho rosado» (*Handroanthus impetiginosus*). De esta formación sólo persisten algunos fragmentos modificados al pie de la Sierra de San Javier.

MÉTODOS

El estudio se realizó entre Octubre del 2010 y Abril del 2011, durante la estación estival. El muestreo tuvo lugar durante días de lluvias tenues y alta humedad atmosférica, cuando las frondes de *P. minima* se diferencian claramente de otras especies de helechos epífitos, tales como *Microgramma squaemulosa* (Kaulf.) de la Sota, *Pleopeltis tweediana* (Hook.) A. R. Sm, y *Phlebodium areolatum* (Humb. & Bonpl. ex. Willd.) J. Sm. Se muestrearon todos los árboles (DAP $\geq$ 20 cm) portadores de *P. minima* a ambos lados de las Avenidas Mate de Luna y Aconquija. Se considera como unidad de muestreo, al área del tronco de cada árbol comprendida desde su base hasta los 4 m de altura, incluyendo el tronco principal y el tercio basal de las primeras ramificaciones (Fig. 2).

El reconocimiento de las especies de hospederos se realizó con base a Digilio & Legname (1966) y Grau & Kortzatz (2012). La nomenclatura se actualizó con el Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur (Zuloaga *et al.*, 2008) para las especies nativas y en el catálogo The plant list (disponible en la Web: <http://www.theplantlist.org>) para las especies exóticas.

Se identificaron todas las especies de árboles vivos que hospedaban a *P. minima*, determinando su orientación según los puntos cardinales (S, SW, W, NW, N, NE, E, SE) con la ayuda de una brújula. Las ramas horizontales, registradas en sólo un individuo, no fueron consideradas según su orientación. Se aplicó la prueba de homogeneidad de Chi cuadrado (Zar, 1996), para comparar

la frecuencia de aparición del helecho según la orientación.

Técnicas de análisis morfológico y anatómico.— El proceso de deshidratación se estudió en 25 frondes, a las que se registró su peso inicial al momento de separarlas del rizoma. Posteriormente se las mantuvo en cajas de petri con papel de filtro seco y se las pesó nuevamente al término de los 10, 30, 60 y 90 días con una balanza analítica OHAUS (0,001g).

Para los estudios anatómicos se trabajó con material fresco y fijado en FAA (1:1:8 v/v/v formaldehído: ácido acético glacial: alcohol etílico 80%). El estudio de la epidermis foliar se realizó mediante la técnicas de diafanizado de lámina de Dizeo de Strittmatter (D'Ambrogio de Argüeso, 1986). Los preparados fueron coloreados con azul de crescilo brillante (Terán *et al.*, 2009) safranina, violeta de crescilo (D'Ambrogio de Argüeso, 1986).

Se realizaron cortes transversales y longitudinales a mano alzada, de lámina foliar,

pecíolo y rizoma, para el estudio de los caracteres anatómicos del esporofito. Los cortes se decoloraron con solución comercial de hipoclorito de sodio-agua (1:1) y posteriormente se sometieron a coloración diferencial de safranina (0,5%) y azul astral (1%) (Bruno *et al.*, 2007). Las escamas se clarificaron con una solución de hipoclorito de sodio comercial-agua 1:1 y se colorearon con solución acuosa de violeta de crescilo 1% (D'Ambrogio de Argüeso, 1986). Con el propósito de evaluar la presencia de lignina en los tejidos esclerenquimáticos se realizó la prueba con floroglucina (1%) con HCl (25%) (D'Ambrogio de Argüeso, 1986). Se utilizó la simbología de Metacalfe & Chalk (1972), para diagramar los cortes. Las observaciones y fotografías fueron realizadas en microscopio Zeiss Axiostar Plus con cámara fotográfica digital Canon Power Shot de 7,1 MP y en el microscopio estereoscópico Nikon SMZ 800 con cámara Nikon y se utilizó un software Micrometrics Standard Edition Premium para la realización de las mediciones.

RESULTADOS

En el arbolado de las Avenidas Mate de Luna y Aconquija se encontraron 623 árboles con diámetros ≥ 20 cm correspondientes a las siguientes especies: *Ceiba chodatii* – «palo borracho» (n: 8), *Cinnamomun glanduliferum* – «falso alcanforero» (n: 4), *Citrus aurantium* – «naranja agrio» (n: 1), *Enterolobium contortisiliquum* – «pacará» (n:19), *Fraxinus* – «fresno» (n:12), *Handroanthus impetiginosa* – «lapacho rosado» – (n: 392), *Jacaranda mimosifolia* – «jacarandá» (n: 166), *Ligustrum lucidum* – «ligustro» (n:3), *Liquidambar styraciflua* – «liquidambar» (n: 3), *Prunus cerasifera* – «ciruelo de jardín» (n:1), *Platanus x acerifolia* – «plátano» (n: 3), *Quercus robur* – «roble» (n: 1), *Tipuana tipu* – «tipa» (n: 12). *Pleopeltis minima* fue registrado en el 43 % de los árboles y tuvo como hospederos a 8 especies (*E. contortisiliquum*, *J. mimosifolia*, *E. contortisiliquum*, *C. chodatii*, *T. tipu*, *Q. rubor*, *C. glanduliferum* y *Fraxinus*) de las 13 registradas.

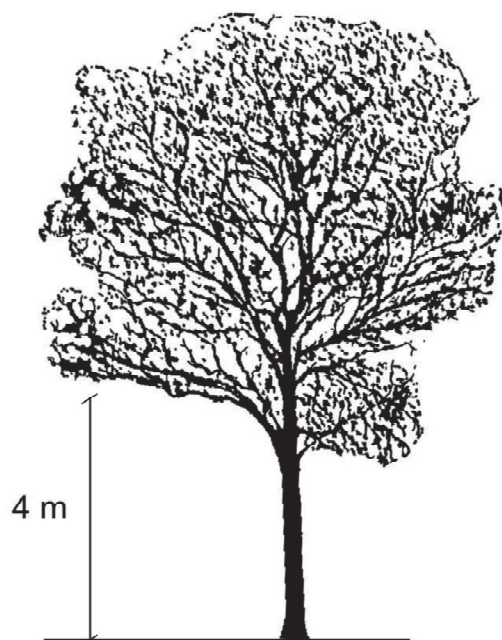


Fig. Zona de muestreo en los árboles urbanos.

El mayor número de árboles hospederos correspondió a *H. impetiginosa* y *J. mimosifolia*, las especies más abundantes en las avenidas, si bien la proporción de árboles hospederos fue mayor en *E. contortisiliquum* y muy similar entre *C. chodatii*, *H. impetiginosa* y *J. mimosifolia* (Fig. 3). La distribución de frecuencias de *P. minima* no mostró homogeneidad según la orientación ($X^2 = 112,9$; $gl = 7$; $p < 0,0001$), siendo su frecuencia significativamente mayor en troncos y ramas con orientación sur (Fig. 4).

Las frondes experimentaron una marcada pérdida de agua durante el proceso de deshidratación. En estado hidratado el peso fresco promedio de las frondes fue de 0,082 g mientras que a los 10, 30, 60 y 90 días de haber sido separadas del rizoma y mantenidas en una cápsula de Petri entre papeles de filtro, el peso promedio disminuyó a 0,021g, 0,020 g 0,019g y 0,018, respectivamente (Fig. 5).

CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y ANATÓMICOS DE LA FRONDE DURANTE EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

Pleopeltis minima presenta morfologías diferentes, según su estado de turgencia, que se manifiestan tanto en la lámina como en el pecíolo. El esporofito en estado turgente es de color verde oscuro y presenta su fronde completamente extendida (Fig 6A). En condiciones de sequía, la fronde se curva y enrolla a lo largo del raquis, exponiendo la superficie abaxial, de color castaño. En dicho estado, el helecho se mimetiza con la corteza de los árboles y con otras especies de epífitas (Fig. 6B). De igual modo, el pecíolo, experimenta cambios morfológicos en respuesta a la pérdida de humedad. Al tornarse turgente, el pecíolo presenta dos alas extendidas y un surco profundo sobre la cara dorsal, en sección transversal. Asimismo, el anillo esclerenquimático subepidérmico se encuentra interrumpido a la altura de las alas (Fig. 6C). Al deshidratarse, las alas del pe-

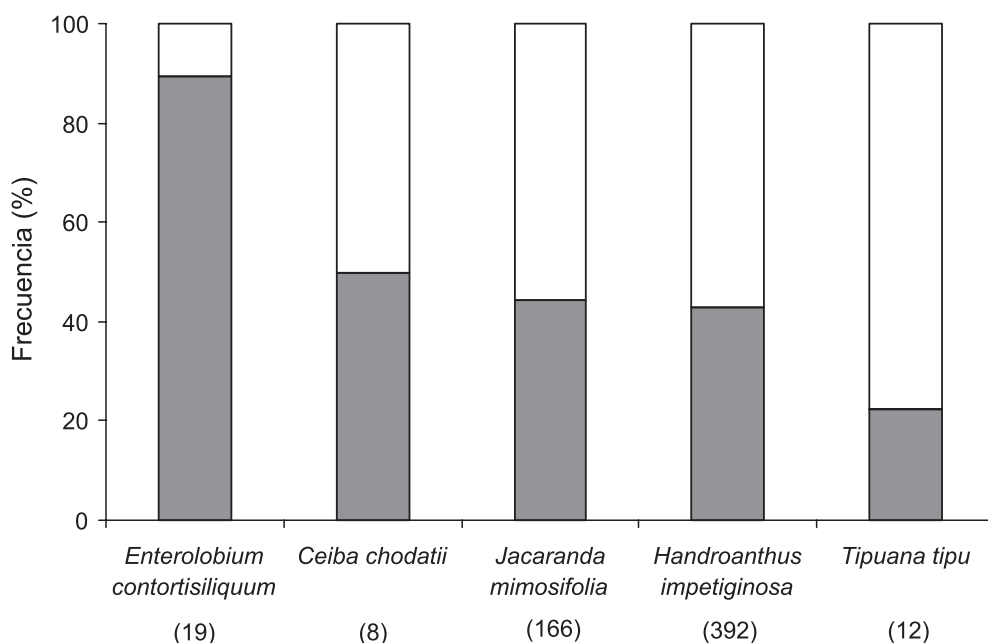


Fig. 3. Frecuencia de *Pleopeltis minima* (barras grises) en 5 especies de árboles hospederos. Las barras blancas indican ausencia del helecho. Los números entre paréntesis representan el total de árboles muestreados de cada especie. Se excluyen los hospederos con menos de 8 individuos.

ciolo se pliegan sobre el surco, la zona parenquimática se comprime y el tejido esclerenquimático adquiere continuidad (Fig. 6D). Las escamas presentes en la lámina son de dos tipos (Fig. 6 F y G).

La observación al microscopio de la lámina en estado deshidratado revela que las escamas se alejan y dejan expuesta parte de la epidermis abaxial marcadamente verde

(Fig. 7A). Al deshidratarse la lámina, las escamas se disponen imbricadamente formando una capa compacta y continua que adquiere color castaño y no permite observar la epidermis abaxial (Fig. 7B). El tamaño de las pínulas también evidencia una marcada diferencia, ya que en estado hidratado adquieren un tamaño tres veces mayor que en estado deshidratado.

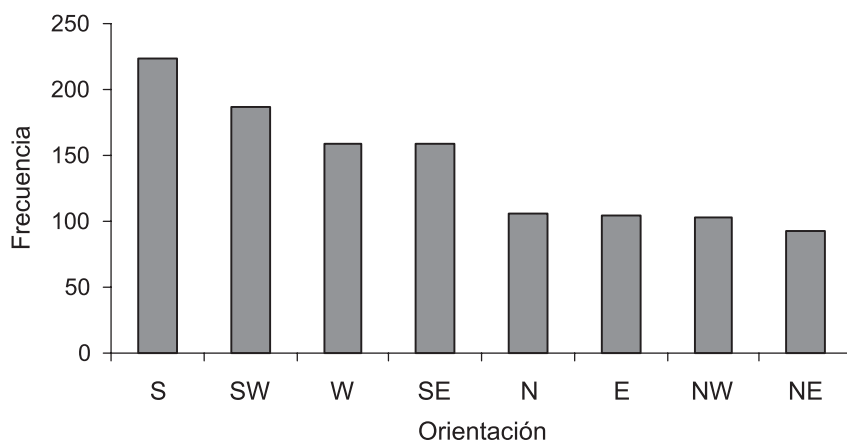


Fig. 4. Frecuencia de *Pleopeltis minima* según la orientación a los puntos cardinales. Número total de árboles muestreados = 623.

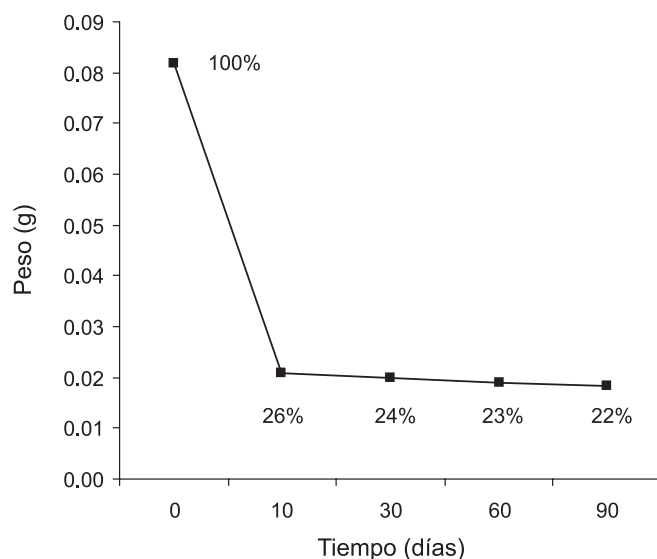


Fig. 5. Pérdida de peso de la fronde en función del tiempo. El tiempo 0 corresponde al peso fresco, muestreos a los 10, 30, 60 y 90 días.

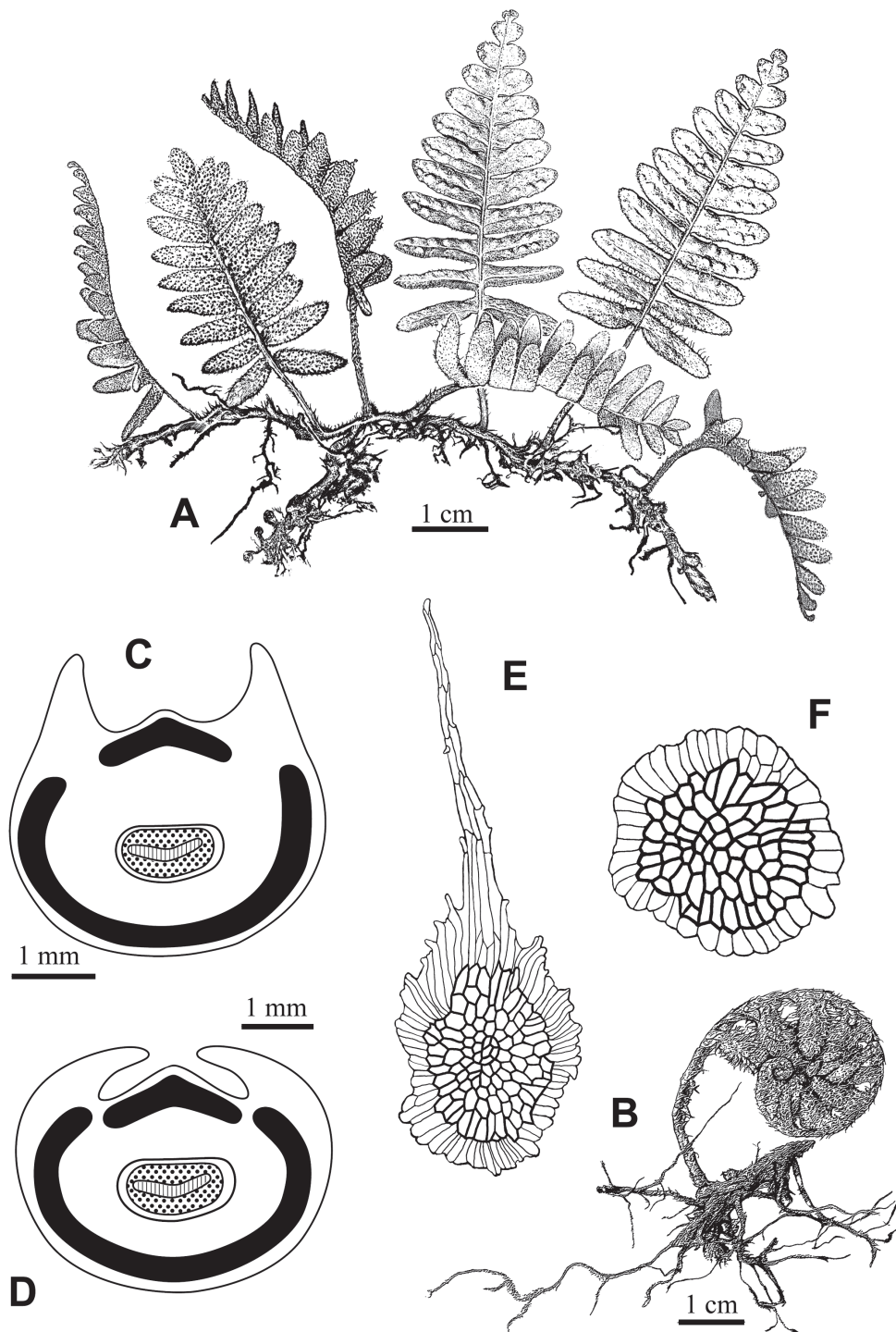


Fig. 6. Aspecto del esporofito. A) Esporofito de *P. minima* en estado hidratado. B) Esporofito de *P. minima* en estado deshidratado. C) Esquema del corte transversal del peciolo hidratado. D) Esquema del corte transversal del peciolo deshidratado. E y F) Escamas de las láminas y peciolo. C y D) Esquemas utilizando la simbología de Metcalfe y Chalk, 1972.

El pecíolo presenta las alas extendidas en vista superficial (Fig. 7C), que corresponden al esporofito hidratado y en estado deshidratado, con el surco cerrado y cubierto de escamas (Fig. 7D).

ANATOMÍA DE LA LÁMINA

La estructura de la lámina es dorsiventral e hipostomática, con estomas dispuestos al mismo nivel que el resto de las células epidérmicas. Tanto la epidermis adaxial como abaxial son uniestratificadas. Las células de la epidermis adaxial son levemente más grandes que las de la epidermis abaxial y exhiben numerosas rugosidades al deshidratarse la lámina.

La epidermis adaxial de la lámina presenta escasos tricomas glandulares, con cabeza y pie unicelulares, fluctuando su longi-

tud total entre 60 y 80 μm . La epidermis abaxial y los márgenes de la lámina se encuentran totalmente cubiertas por escamas peltadas que se insertan a través de un pie biseriado, raramente uniseriado.

En sección transversal la lámina presenta 2 estratos de parénquima en empalizada y 4-6 estratos de parénquima esponjoso. Este último está formado por células con 4-5 proyecciones semejantes a brazos que delimitan espacios intercelulares conspicuos (Fig. 8A). Si bien ambos tejidos del mesófilo presentan diferencias en el número de estratos, poseen proporciones equivalentes de espesor. En el centro los haces vasculares se encuentran delimitados por un estrato de endodermis con bandas de Caspary que poseen engrosamientos lignificados en sus paredes radiales.

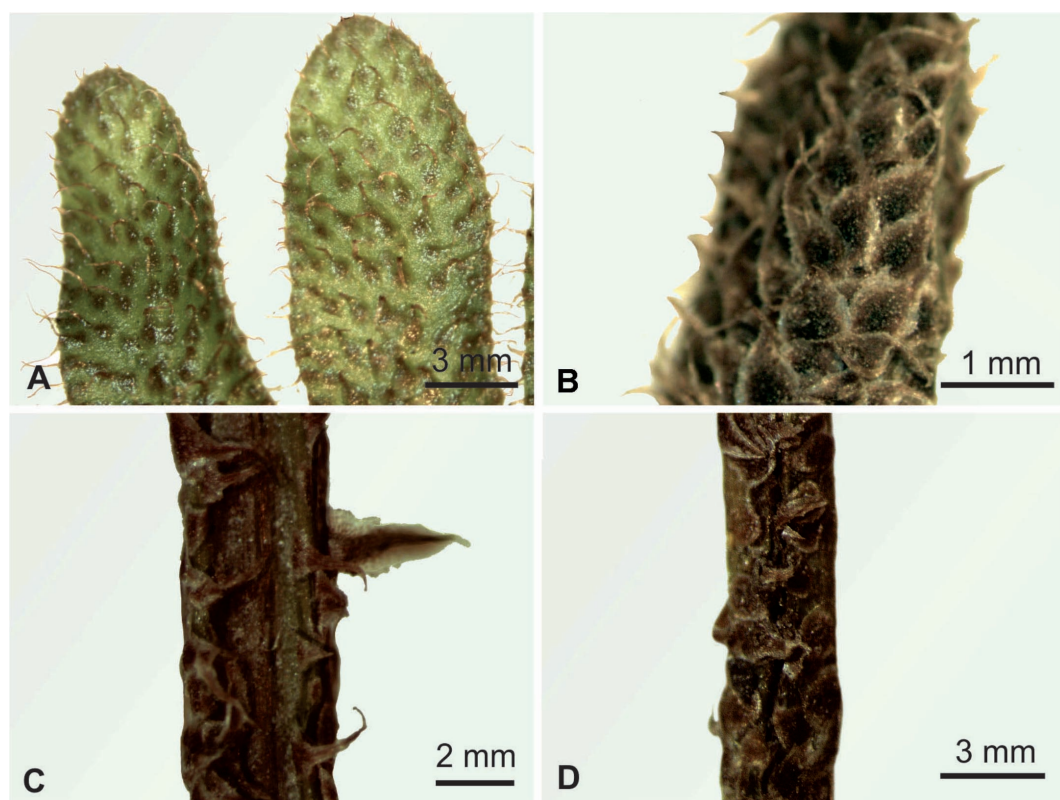


Fig. 7. Aspecto de lámina y pecíolo en situación de turgencia y de deshidratación. A) Vista de epidermis abaxial de lámina foliar en frondes hidratadas. B) Vista de epidermis abaxial de lámina foliar deshidratada; C) Detalle de pecíolo con el surco marcado en estado hidratado; E) Detalle de pecíolo deshidratado donde se observa el surco cerrado.

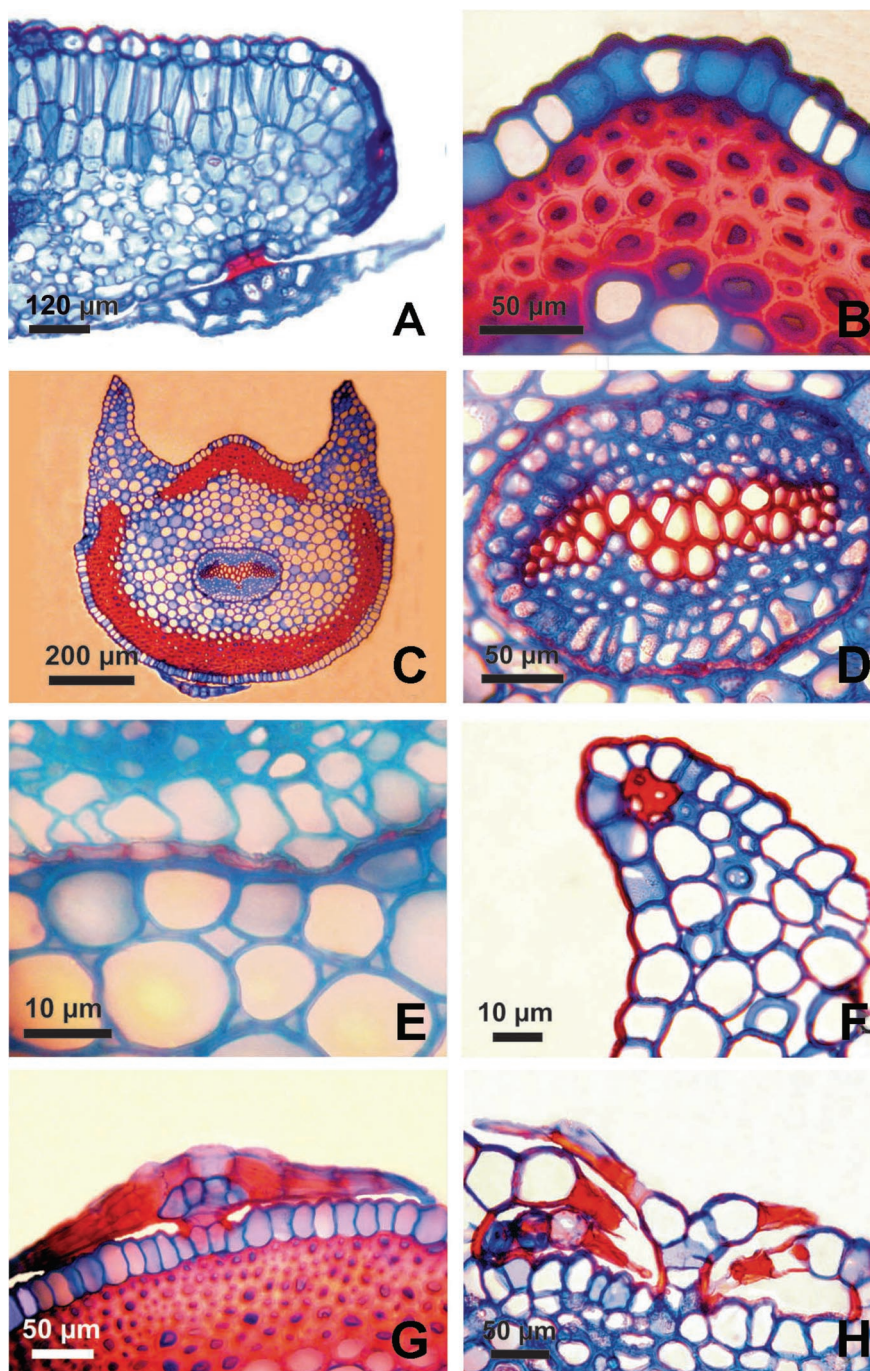


Fig. 8. Anatomía de fronde, pecíolo y rizoma de *Pleopeltis minima*. A) Corte transversal de lámina donde se observa el pie de la escama lignificado; B) Corte transversal de pecíolo con detalle de epidermis uniestratificada y esclerénquima subepidérmico lignificado; C) Corte transversal del pecíolo; D) Detalle de haz vascular del pecíolo; E) Detalle de endodermis del pecíolo con bandas de Caspari con engrosamientos en sus paredes radiales; F) Detalle de esclerénquima en el ala del pecíolo; G) Escamas en pecíolo con paredes externas del pie lignificado; H) Detalle de inserción en escamas en rizoma.

ANATOMÍA DEL PECÍOLO

El pecíolo en sección transversal posee una epidermis parenquimática uniestratificada de paredes delgadas. La zona subepidérmica es esclerenquimática (Fig. 8B), formada por 6-8 estratos de fibras y esclereidas que forman un anillo prácticamente continuo con excepción de las zonas debajo de las alas, donde el esclerenquima se interrumpe (Fig. 8C). Por debajo del anillo esclerenquimático se observa tejido parenquimático con escasos espacios intercelulares y presentan 1-2 haces vasculares de tipo protostélico (Fig. 8D) rodeados por endodermis con bandas de Caspary con engrosamientos lignificados en sus paredes radiales (Fig. 8E). En el extremo de las alas del pecíolo, se observan 4-6 fibras lignificadas, debajo de la epidermis (Fig. 8F).

Las escamas del pecíolo son peltadas y poseen un pie formado por dos hileras de células con paredes lignificadas hacia el exterior. Si bien se observan escamas en toda la superficie la mayor proporción se encuentra sobre las alas (Fig. 8G). Los resultados del test de floroglucina/HCl indican que el tejido esclerenquimático subepidérmico, está formado por células impregnadas de lignina.

ANATOMÍA DEL RIZOMA

El rizoma de *Pleopeltis minima* es delgado, largamente rastrero cubierto por escamas peltadas imbricadas (Fig. 8H). La epidermis es uniestratificada y la corteza posee 2-4 estratos de células parenquimáticas de paredes gruesas. El rizoma es dictiostélico y está formado por 10 a 12 meristelas cada una de las cuales está rodeada por una endodermis con engrosamientos en sus paredes radiales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En regiones tropicales, la diversidad y abundancia de epifitas está fuertemente influenciada por las características físicas y/o químicas de la corteza de los forófitos (Pessin, 1925). En el arbolado de Tucumán, la frecuencia de *P. minima* entre el nivel del suelo y los 4 m de altura fue mayor en *Ente-*

robium contortisiliquum y *Ceiba chodatii*. Ambas especies son poco cultivadas en las avenidas, probablemente debido a su gran porte (altura y tamaño de copa) lo cual requiere un amplio espacio. Es llamativo que ambas especies sean proporcionalmente los mayores hospederos, considerando que sus cortezas son de textura ligeramente lisa. Entre los forófitos de corteza rugosa, *H. impetigonosa* y *J. mimosifolia* son los más cultivados en el arbolado urbano de San Miguel de Tucumán y Yerba Buena, sin embargo, sólo el 43-44 % de los árboles son portadores de *P. minima*.

Los resultados de este estudio avalan una marcada preferencia de ubicación de *Pleopeltis minima* por la orientación Sur, lo cual probablemente responde a la menor incidencia de la luz solar y a la mayor humedad. Estos hallazgos son equivalentes a los encontrados para el hemisferio norte (Pessin, 1925; Potts & Penfound, 1948), donde la mayor frecuencia de helechos polipodiáceos estuvo asociada con la orientación norte, de mayor humedad.

El plegamiento de la lámina de *Pleopeltis minima* reduce a la mitad la superficie de la fronde y expone la epidermis abaxial cubierta de escamas clatradas, las que contribuirían a reflejar la radiación solar. Estas características fueron observadas por otros autores para *Pleopeltis pleopeltifolia* (Pessin, 1925; Pott & Penfound, 1948; Moran, 1998; Proctor & Tuba, 2002; Tejero-Diez, 2009) y representa una adaptación de las plantas a condiciones xéricas y de zonas de alta insolación.

La estructura anatómica de la fronde de *P. minima* revela una cantidad equivalente de parénquima esponjoso y en empalizada mientras que otras especies de helechos polipodiales, el parénquima en empalizada es más abundante (Tejero-Diez, 2009). Esto ha sido interpretado como una adaptación de las plantas a condiciones xéricas para evitar daños a los cloroplastos por efecto a la alta insolación y radiación UV (Hevly, 1963; Dickson, 2000; Tejero-Diez, 2009, Cuttler *et al.*, 2011). El parénquima esponjoso en *P. minima* representa la mitad del espesor de la lámina y presenta espacios de aire conspicuos

y células con proyecciones semejantes a brazos, que podrían indicar estrategias alternativas como medio de protección a la desecación y a la radiación UV. Resultados semejantes fueron observados por Oppenheimer & Halevy, (1962) para *Ceterach*.

El estudio anatómico del pecíolo de *Pleopeltis minima* constituye el primer aporte en su tipo para la Familia Polypodiaceae. El movimiento de las alas del pecíolo durante los procesos de hidratación y deshidratación y la presencia de un anillo esclerenquimático subepidérmico tendría la función de reducir la pérdida de agua.

La estructura del rizoma es semejante a otras especies y no presentan características especiales que las diferencien. Su superficie completamente cubierta de escamas y las meristelas rodeadas de endodermis con bandas de Caspary en las paredes radiales, contribuirían a controlar la pérdida de agua. Una similar función tendrían las bandas endodermiales de lámina, pecíolo y rizoma.

Las escamas presentes en *P. minima* tienen un importante papel en el proceso de hidratación, al actuar como captadoras de humedad. Estas estructuras absorben agua atmosférica y posibilitan su pasaje al interior de los tejidos de la lámina y pecíolo a través de la gruesa cutícula de la fronde. Estos resultados encontrados en *Pleopeltis minima* fueron indicados también para otras especies de helechos polipodiales. Pott & Penfound (1948) comprobaron que durante la noche los helechos reviviscentes absorben humedad (hasta un 15% de su peso), que pierden nuevamente durante el día. El estudio de las escamas de *Pleopeltis minima* muestra características semejantes a las de otras especies de *Pleopeltis* estudiadas por otros autores (Pessin, 1924; Pott & Penfound, 1948; Moran, 1998).

El pie de la escama de *Pleopeltis minima* descrita en este trabajo presenta dos hileras de células o menos frecuentemente una. En *Pleopeltis polypodioides*, una sola hilera de células conforma el pie de las escamas (Moran, 1998). Un aspecto interesante que surge del estudio anatómico de las escamas en el presente trabajo, está relacionado con el

esclerosamiento de las paredes externas de las células del pie, impregnadas con lignina. Se interpreta que su función sería la de conferir mayor resistencia y evitar la pérdida del agua absorbida por la escama y que circula hacia los tejidos de la lámina.

La presencia de tricomas glandulares en la epidermis adaxial podría estar asociada a la secreción en la epidermis, la cual permanece oculta durante el periodo de deshidratación. Cabe destacar que la presencia de estos tricomas en *P. minima* se menciona por primera vez en este trabajo.

En el caso de *P. minima*, la cara adaxial prácticamente no se encuentra expuesta a la radiación solar, ya que en cuanto disminuye la humedad ambiental la fronde se pliega, dejando protegida la epidermis adaxial, al igual que al parénquima en empalizada el cual alberga la mayor cantidad de cloroplastos de la lámina, que son vulnerables a la excesiva radiación solar (Dickison, 2000; Cuttler, 2011).

En un estudio sobre la anatomía del helecho *Niphobolus adnascen* (Polypodiaceae), Pandé (1935) comparó el espesor de la lámina en situaciones de hidratación y deshidratación (por exposición al sol), y encontró que el espesor de la fronde disminuyó un 42% al deshidratarse, si bien, no se menciona el periodo de tiempo de deshidratación.

Las plantas con anabiosis, sobreviven exitosamente después de perder la mayor parte del su contenido en agua. Las frondes de *Pleopeltis minima* perdieron el 78 % de su peso al ser sometidas a deshidratación natural durante un período de 90 días. Resultados semejantes fueron obtenidos en *Pleopeltis polypodioides* al tratar sus frondes con reactivos químicos deshidratantes (Pessin, 1924). Toldi *et al.* (2009) encontraron mayores valores de pérdida de peso de las frondes (87-96%) en especies tolerantes a la desecación, aunque no especifican los grupos taxonómicos a los que pertenecen.

En conclusión, los resultados de este estudio revelan una marcada adaptación de *Pleopeltis minima* al epifitismo, a través de estructuras morfológicas y anatómicas para evitar la pérdida de agua y favorecer la re-

hidratación. Estos resultados son un valioso aporte a la comprensión de los procesos fisiológicos de helechos sometidos a situaciones de estrés hídrico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Técnica del Herbario Pteridológico, Srta. Fabiana Ríos y al geólogo Alberto Gutiérrez de la Sección Iconografía de la Fundación Miguel Lillo por su colaboración en la realización de las figuras.

BIBLIOGRAFÍA

- Bennet, B. 1986. Patchiness, diversity and abundance relationships of vascular epiphytes. *Selbyana* 9: 70-75.
- Benzing, D.H. 1990. Vascular epiphytes. General biology and related biota. Cambridge University Press, New York.
- Bruno, G.; Stiefkens, L.; Hadid, M.; Liscovsky, I.; Cosa, M.T.; Dottori, N. 2007. Efecto de la contaminación ambiental en la anatomía de la hoja de *Ligustrum lucidum* (Oleaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 42: 231-236.
- Cuttler, D.F.; Botha, T & Stevenson, D.W. 2011. Anatomía vegetal. Una abordagen aplicada. Porto Alegre: Artmed.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. 1986. Manual de técnicas en histología vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- Dejean A., I. Olmsted & R. Snelling. 1995. Tree-epiphytes-ant relationships in the low inundated forest of Siakan biosphere reserve, Quintana Roo, México. *Biotropica* 27: 57-70.
- Dickson, W.C. 2000. Integrative Plant Anatomy. San Diego. Academic Press.
- Digilio, A.P. & P Legname. 1966. Los árboles indígenas de la Provincia de Tucumán. Opera Lilloana (15). Tucumán: Instituto Miguel Lillo.
- Engwald, S.V., S. Neuerburg & W. Barthlott. 2000. Epiphytes in rain forest of Venezuela-diversity and dynamics of biocenosis-in Breckle, S.W. Schweitzer, B., & U., Arndt (Eds): Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the first symposium by the A.F.W. Schimper-Foundation-from H. and E. Walter-Hoheneim,
- Grau, A. & A.M. Kortsarz (Eds.). 2012. Guía de arbolado de Tucumán. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- Hevly, R.H. 1963. Adaptations of Cheilantheid Ferns to Desert Environments Author(s): Richard H. Hevly Source: *Journal of the Arizona Academy of Science* 2(4): 164-175.
- Heitz, P. 1997. Population dynamics of epiphytes in Mexican humid montane forest. *Journal of Tropical Ecology* 85: 767-775.
- INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001. Buenos Aires, Argentina.
- Isaza, C., J. Bentacur & J.V. Estévez-Varón. 2004. Vertical distribution of bromeliads in a montane forest in the eastern cordillera of the Colombian Andes. *Selbyana* 25: 126-137.
- Johansson, D. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African forest. *Acta Phytogeographica Suecica* 59:1 -136.
- Kernan C. & N. Fowler. 1995. Differential substrate use by epiphytes in Corcovado National Park, Costa Rica: a source of guild structure. *Journal of Ecology* 83: 65-73.
- Kessler, M. & Y. Siorak, 2007. Desiccation and re-hydration experiments on leaves of 43 Pteridophyte Species. *American Fern Journal* 97 (4): 175-185.
- Kress, W.J. 1986. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update. *Selbyana* 9: 2-22.
- Madison, M. 1979. Distribution of epiphytes in rubber plantation in Sarawak. *Selbyana* 5: 207-213.
- Moran, R.C. 1998. Palea-botany. Fiddlehead Forum. *Bulletin of the American Fern Society* 25(3): 19-23.
- Metcalf, C.R. & L. Chalk, 1972. Anatomy of the Dicotyledons, leaves, stem and wood in relation to taxonomy and notes. Oxford University Press.
- Oppenheimer, H.R & A.H. Halevy, 1962. Anabiosis of *Ceterah officinarum* Lam. Et DC. *Bull. Res. Counc. of Israel* 11: 127-147.
- Pandé, S.K. 1935. Notes on the anatomy of a xerophytic fern *Niphobolus adnascens* from the Malay Peninsula. *Proc. Ind. Acad. Sci. Sect. B: Phys. Sci.* 1: 556-564.
- Panigrahi, G. & N. Patnaik. 1963. Low percentage and grade of euploidy in the family Polypodiaceae in relation to the epiphytic habitat -a hypothesis. *American Fern Journal* 53: 145-148.
- Pessin, L.J. 1924. A physiological and anatomical study of the leaves of *Polypodium polypodioides*. *American Journal of Botany* 11: 370-381.
- Pessin, L.J. 1925. An ecological study of the polypody fern, *Polypodium polypodioides* as an epiphyte in Mississippi, *Ecology* 6 (1): 17-38.
- Potts, R. & W.T. Penfound, 1948. Water relations of the polypody fern, *Polypodium polypodioides* (L.) A.S. Hitchcock. *Ecology* 29(1): 43-53.
- Proctor, M.C. F. & Z. Tuba, 2002. Poikilohydry and Homoihydry: Antithesis or Spectrum of Possibilities? *New Phytologist* 156 (3): 327-349.
- Rudolph D., G. Rauer, J. Nieder & W. Barthlott. 1998. Distributional patterns of epiphytes in the canopy and phorophyte characteristics in a western Andean rain forest in Ecuador. *Selbyana* 19(1):27-33.

- Sudgen, A.M. 1981. Aspects of the ecology of vascular epiphytes in two Colombian cloud forest. II. Habitat preferences of Bromeliaceae in the Serranía Macuira. *Selbyana* 5: 264-273.
- Tejero-Díez, J. 2009. Los helechos epífitos: adaptaciones en Polypodiaceae. Red de Información sobre plantas epífitas. Artículo de Divulgación N°1.
- Terán, G.; A. Benavidez; M.A. Hernández, 2009. Anatomía del esporofito de *Doryopteris lorentzii* (Hieron.) Diels (Pteridaceae). *Lilloa* 46(1-2): 147-154.
- Ter Steege, H. & J.H.C. Cornelissen. 1989. Distribution and ecology of vascular epiphytes in lowland rainforest of Guyana. *Biotropica* 21: 331-339.
- Tewari, M., N. Upreti, P. Pandey & P. Singh. 1985. Epiphytic succession on tree trunks in a mixed oak-cedar forest, Kumaun, Himalaya. *Vegetation* 63: 105-112.
- Todzia C., 1986. Growth Habits, host tree species, and density of hemiepiphytes on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica* 18 (1): 22-27.
- Toldi, O.; Z. Tuba & P. Scott. 2009. Vegetative desiccation tolerance: Is it a goldmine for bioengineering crops?. *Plant Science* 176: 187-199.
- Yeaton, R.I. & D.E. Gladstone. 1982. The pattern of colonization of epiphytes on calabash tree (*Crescentia alata* H.B.K.) in Guanacaste Province, Costa Rica. *Biotropica* 24: 402-407.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, Nueva Jersey, EEUU
- Zimmerman, J.K. & Y.C. Olmsted. 1992. Host tree utilization by vascular epiphytes in a seasonally inundated forest (tintal) in Mexico. *Biotropica* 24: 402-407.
- Zuloaga, F; Morrone, O. & M. Belgrano (Eds.). 2008. Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur. *Monogr. Syst. Bot. Mo. Bot. Gdn.* 107.